

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

SHARA REGINA DOS SANTOS BORGES

Adubação orgânica e estresse hídrico na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de arroz vermelho cultivadas em Neossolo Flúvico

Areia, PB

2014

SHARA REGINA DOS SANTOS BORGES

Adubação orgânica e estresse hídrico na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de arroz vermelho cultivadas em Neossolo Flúvico

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Departamento de Solos e Engenharia Rural da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de Concentração, Ciclos Biogeoquímicos em Agroecossistemas Familiares.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Vânia da Silva Fraga

Areia, PB

2014

SHARA REGINA DOS SANTOS BORGES

Adubação orgânica e estresse hídrico na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de arroz vermelho cultivadas em Neossolo Flúvico

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Departamento de Solos e Engenharia Rural da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Aprovada em: 20 de fevereiro de 2014.

COMISSÃO AVALIADORA

Prof.^a Dr.^a Vânia da Silva Fraga (Presidente)
DSER/CCA/Universidade Federal da Paraíba

Dr.^a Eliane Duarte Brandão
PNPD/PPGCS/ Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Fillipe Silveira Marini,
DAP/CCHSA/ Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Mácio Farias de Moura
UAG/Universidade Federal Rural de Pernambuco

Local de defesa: Auditório do Departamento de Solos e Engenharia Rural da Universidade Federal da Paraíba.

Dedico a você que está lendo este trabalho,
pois de nada valerá todo esforço, se este não
for para contribuir com outrem.

AGRADECIMENTOS

Costumo dizer que a parte mais complicada de uma dissertação é escrever os agradecimentos. Quais palavras escrever para poder expressar minha eterna gratidão a cada pessoa que contribuiu e foi tão importante para que este trabalho chegasse ao seu formato final. Confesso que para mim é muito difícil.

Então, em resumo, começo agradecendo às minhas orientadoras, uma oficial, Prof.^a Vânia Fraga e outra extraoficial, Prof.^a Márcia Targino, por serem excelentes no compartilhar de seus conhecimentos, profissionais competentes e acima de tudo, um grande ser humano. Obrigada por tudo! A vocês, minha eterna gratidão.

Ao meu grande amigo, meu irmão, meu amor, Fernando Araújo, que foi fundamental tanto para a realização do experimento e mais ainda, é fundamental em minha vida. Mas como falamos, amigos são pra essas coisas! “Haleloo!”. E em nome dele quero agradecer a todos os meus amigos, que sempre foram para mim uma família conquistada.

Agradeço a CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado e ao CCA/UFPB pelo suporte dado para a realização da pesquisa, além de proporcionar conviver com pessoas maravilhosas.

Agradeço também à UFRN, em nome do Professor Mauro, e aos estagiários do laboratório de sementes florestais.

Agradeço especialmente às pessoas mais importantes que alguém pode ter: meus pais, Francisco Torres e Terezinha, meu sobrinho Eduardo e meus irmãos Nara e Cléber, que são minha base, minha força, meu apoio.

Agradeço a todos que de alguma maneira contribuiu com este trabalho ou com tantas outras tarefas do dia-a-dia.

E por fim quero agradecer a Deus, mesmo que seja de praxe ou clichê, mas se foi ele quem me fez, preciso agradecê-lo e dizer que ele foi bem criativo!

“Sem a curiosidade que me move, que me inquieta, que me insere na busca, não aprendo nem ensino”.

(Paulo Freire)

BORGES, SHARA REGINA DOS SANTOS; M.Sc. Universidade Federal da Paraíba; Fevereiro de 2014; **ADUBAÇÃO ORGÂNICA E ESTRESSE HÍDRICO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ARROZ VERMELHO CULTIVADAS EM NEOSSOLO FLÚVICO**; Orientadora: Vânia da Silva Fraga.

RESUMO

É reconhecido o efeito benéfico da adubação orgânica na produtividade das culturas, constituindo-se numa prática que pode contribuir para melhorar a qualidade das sementes e minimizar os efeitos prejudiciais ocasionados pela deficiência hídrica, que é comum nas regiões semiáridas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da adubação orgânica, com esterco bovino e do estresse hídrico, no desempenho fisiológico das variedades de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) Cáqui, Maranhão e MNA 902. As sementes foram produzidas em condições de ambiente protegido, em vasos contendo oito quilos de solo, da camada de 0-20cm, coletado na região do Vale do Piancó. Foram testadas quatro doses de esterco bovino (0, 4, 8 e 12 t ha⁻¹) na presença e ausência de estresse hídrico (60 e 80% da capacidade de vaso respectivamente) sob delineamento em blocos ao acaso no esquema fatorial 3 x 4 x 2 (variedades, doses de esterco e estresse hídrico), com quatro blocos. Após colheita, as sementes foram encaminhadas para o Laboratório de Matéria Orgânica do DSER/CCA/UFPB para determinação da produtividade. Com quatro meses de armazenamento foram determinados o grau de umidade, peso de 1000 sementes e a qualidade fisiológica, pelos testes de germinação, PCG, IVG, emergência a campo, massa seca de plântulas, condutividade elétrica e lixiviação de potássio. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso para o teste de emergência a campo e o inteiramente casualizado para os demais testes. As variáveis que apresentaram significância pelo teste F foram estudadas por meio de análise de regressão. A análise de variância detectou efeito significativo para os parâmetros avaliados. O esterco bovino promoveu aumento na produtividade das três variedades de arroz vermelho, no entanto, a MNA 902 foi a mais produtiva. As sementes de arroz vermelho apresentaram percentual de germinação variando de 98 a 100%, resultados estes, superiores à média mínima exigida para comercialização de sementes de arroz nos principais Estados produtores. O estresse hídrico diminuiu o peso de 1000 sementes e a massa seca de plântulas e, consequentemente, aumentou a condutividade elétrica e lixiviação de potássio das sementes da variedade MNA 902, ocasionando em perda de qualidade fisiológica. A produtividade máxima de sementes de arroz vermelho pode ser obtida com doses de esterco superiores a 12 t ha⁻¹. A presença de esterco melhorou a qualidade fisiológica das sementes da variedade Cáqui e por isso recomenda-se o uso deste insumo para melhorar a produção e a qualidade das sementes.

Termos para indexação: Esterco bovino. *Oryza sativa* L.. Potencial fisiológico. Teste de vigor.

BORGES, SHARA REGINA DOS SANTOS; M.Sc. Federal University of Paraíba; February 2015; **ORGANIC FERTILIZER AND WATER STRESS ON YIELD AND PHYSIOLOGICAL QUALITY RED RICE SEEDS GROWN IN FLUVIC NEOSOL**; Supervisor: Vânia da Silva Fraga.

ABSTRACT

It is known the beneficial effect of organic fertilization on crop productivity, constituting a practice that can help to improve the quality of seeds and minimize the harmful effects caused by water deficiency, which is common in semi-arid regions. This study aimed to evaluate the influence of organic fertilization with manure and water stress, the physiological performance of the varieties of red rice (*Oryza sativa* L.) Cáqui, Maranhão e MNA 902. The seeds were produced in protected cultivation in pots containing eight pounds of soil, 0-20cm layer, collected in the Piancó Valley region. We tested four doses of cattle manure (0, 4, 8 and 12 t ha⁻¹) in the presence and absence of water stress (60 and 80% of the pot capacity respectively) in a randomized block design in a factorial 3 x 4 x 2 (varieties, manure and water stress), with four blocks. postharvest, the seeds were sent to the Laboratory of Organic Matter DSER / CCA / UFPB to determine productivity. With four months of storage were determined moisture content, weight of 1000 seeds and physiological conditions by germination, first count, IVG, a field emergence, seedling dry weight, electrical conductivity and potassium leaching. experimental design in randomized blocks for emergency test the field and completely randomized for the other tests. The variables that were significant by F test were studied by regression analysis. Red rice seeds showed a germination percentage ranging 98-100%, these results, above the minimum average required for marketing of rice seeds in the main producing states. Drought stress decreased the weight of 1000 seeds and seedling dry weight and therefore increased electrical conductivity and potassium leaching seeds of the variety MNA 902, resulting in loss of physiological quality. The highest yield of red rice seeds can be obtained with manure doses higher than 12 t ha⁻¹. The presence of manure improved the physiological quality of seeds of the variety Cáqui and therefore it is recommended to use this input to improve the production and seed quality.

Index terms: Manure. *Oryza sativa* L.. Physiological quality. Vigour test.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa exploratório de reconhecimento de solos do município de Santana dos Garrotes, PB.	22
Figura 2 - Valores médios diários de temperatura, máxima e mínima, e umidade relativa máxima e mínima, registrados no interior do ambiente protegido durante produção de sementes de arroz vermelho. UFPB, Areia-PB, 2013.	30
Figura 3 - Produtividade de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia, PB, 2013. ...	37
Figura 4 - Produtividade de sementes de arroz vermelho cultivadas em Neossolo Flúvico, em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	39
Figura 5 - Índice de velocidade de germinação de sementes de três variedades de arroz vermelho cultivadas em Neossolo Flúvico com quatro doses de esterco bovino, na presença (A) e ausência (B) de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	48
Figura 6 - Condutividade elétrica massal de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e na presença (A) e ausência (B) de estresse hídrico. UFPB, Areia, PB, 2013.	53
Figura 7 - Lixiviação de potássio de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino, na presença (A) e ausência (B) de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	58
Figura 8 - Matriz sinóptica da influência da adubação orgânica com esterco bovino e do estresse hídrico na emergência de plântulas em campo (EPC) peso de mil sementes (P1000), germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), massa seca de plântulas (MSP), condutividade elétrica massal (CEM) e lixiviação de potássio (LK). UFPB, Areia-PB, 2013.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lavoura com arroz no município de Santa dos Garrotes, PB. 2004-2011.	18
Tabela 2 - Produtividade de grãos de arroz vermelho, variedade PB02, em comparação com outras 15 variedades de arroz branco, em condições de irrigação por inundação em dois municípios do estado do Piauí. Ano de 2001.	19
Tabela 3 - Atributos físico e químicos do Neossolo Flúvico utilizado no experimento para avaliar produtividade e qualidade fisiológica de sementes de arroz vermelho. UFPB, Areia-PB, 2013.	31
Tabela 4 - Análise química do esterco bovino utilizado no experimento para avaliar produtividade e qualidade fisiológica de sementes de arroz vermelho. UFPB, Areia-PB, 2013.	31
Tabela 5 - Resumo da análise de variância da produtividade de sementes de arroz vermelho cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	36
Tabela 6 - Resumo da análise de regressão da produtividade de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia-PB, 2013.	37
Tabela 7 - Resumo da análise de variância do peso de 1000 sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	40
Tabela 8 - Resumo da análise de regressão para peso de 1000 sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia-PB, 2013.	41
Tabela 9 - Peso de 1000 sementes de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	41
Tabela 10 - Resumo da análise de variância da germinação (G) e primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	43
Tabela 11 - Resumo da análise de regressão da germinação e primeira contagem de germinação de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia-PB, 2013.	43
Tabela 12 - Teste de germinação e primeira contagem de germinação de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco. UFPB, Areia-PB, 2013.	44
Tabela 13 - Resumo da análise de variância da emergência de plântulas de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	46
Tabela 14 - Emergência de plântulas de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia-PB, 2013.	46
Tabela 15 - Resumo da análise de variância do índice de velocidade de germinação de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	47

Tabela 16 - Resumo da análise de regressão do índice de velocidade de germinação das sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia-PB, 2013.	48
Tabela 17 - Índice de velocidade de germinação de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	49
Tabela 18 - Resumo da análise de variância da massa seca de plântulas de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	50
Tabela 19 - Resumo da análise de regressão da massa seca de plântulas de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	50
Tabela 20 – Massa seca de plântulas de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	51
Tabela 21 - Resumo da análise de variância da condutividade elétrica massal de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	52
Tabela 22 - Resumo da análise de regressão para condutividade elétrica massal de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	52
Tabela 23 - Condutividade elétrica massal de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condição de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	54
Tabela 24 - Resumo da análise de variância da lixiviação de potássio de sementes três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	56
Tabela 25 - Resumo da análise de regressão da lixiviação de potássio de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	57
Tabela 26 – Lixiviação de potássio de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	Panorama da cultura do arroz	15
2.1.1	Relações hídricas na planta de arroz.....	15
2.1.2	Importância social e econômica do arroz vermelho	17
2.1.3	Características agronômicas do arroz vermelho	18
2.2	Adubação orgânica	20
2.3	Importância dos Neossolos para a rizicultura	21
2.4	Manifestações metabólicas da deterioração das sementes.....	23
2.5	Qualidade fisiológica das sementes.....	23
2.5.1	Teste de germinação	25
2.5.2	Condutividade elétrica	26
2.5.3	Lixiviação de Potássio	28
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Local de condução do experimento	30
3.3	Delineamento do Experimental	31
3.4	Instalação e Condução do Experimento.....	32
3.5	Qualidade Fisiológica das Sementes.....	32
3.5.1	Grau de umidade.....	33
3.5.2	Peso de 1000 sementes.....	33
3.5.3	Germinação	33
3.5.4	Primeira contagem de germinação.....	33
3.5.5	Índice de velocidade de germinação	33
3.5.6	Massa seca de plântula	34
3.5.7	Emergência das plântulas em campo	34
3.5.8	Condutividade elétrica massal	34
3.5.9	Lixiviação de Potássio	34
3.6	Análise estatística.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	Produtividade de sementes	36
4.2	Peso de 1000 sementes.....	40
4.3	Germinação (G) e primeira contagem de germinação (PCG)	43
4.4	Emergência de plântulas em campo	46

4.5	Índice de velocidade de germinação (IVG)	47
4.6	Massa seca de plântulas	49
4.7	Condutividade elétrica massal.....	51
4.8	Lixiviação de potássio	56
5	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

É reconhecido o efeito benéfico da adubação orgânica na produtividade das culturas, assim como, o aprimoramento nas condições físicas, químicas e biológicas do solo graças à sua utilização. Os nutrientes presentes em adubos orgânicos, principalmente o nitrogênio e o fósforo, possuem uma liberação mais lenta quando comparadas com adubos minerais, pois dependem da mineralização da matéria orgânica, proporcionando disponibilidade ao longo do tempo, o que muitas vezes favorece um melhor aproveitamento (RAIJ et al., 1996). Já o potássio, apesar de ser encontrado em apenas uma pequena porção contida na matéria orgânica, está presente na forma livre, sendo prontamente liberado para o solo (KIEHL, 1985). As recomendações de adubação enfatizam os efeitos sobre a produtividade das sementes, não correlacionando, na maioria dos casos, com a qualidade fisiológica (TOLEDO e MARCOS FILHO, 1997; ALVES et al., 2005; QUADROS et al., 2012). No entanto, considerando que tanto o nitrogênio, quanto o fósforo e o potássio são translocados em quantidades consideráveis durante a formação das sementes e que durante a fase reprodutiva a exigência nutricional torna-se mais intensa, a adubação orgânica constitui numa prática que pode contribuir com a produção e a qualidade fisiológica de sementes.

A qualidade das sementes pode ser prejudicada quando ocorre a deficiência hídrica durante o desenvolvimento e formação das mesmas (GHASSEMI-GOLEZANI et al., 1973; KEIGLEY e MULLEN, 1986; DORNBOS et al., 1989; SMICKLAS et al., 1989; CRUSCIOL et al., 2002) e nutricional (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Para a cultura do arroz, Crusciol et al. (1999) comparando sementes oriundas do cultivo de sequeiro com as do irrigado por aspersão verificaram que a deficiência hídrica ocasionou redução na germinação e no vigor das sementes.

O déficit hídrico é um dos tipos de estresse abiótico mais crítico e comum que acometem as lavouras conduzidas em ambientes semiáridos. Seus efeitos são evidentes em qualquer estágio fenológico da planta, podendo variar de acordo com a severidade e duração do estresse (FAROOQ et al., 2009; LE et al., 2011).

O arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) é pouco conhecido e, portanto, pouco cultivado. No Brasil foi o primeiro tipo de arroz introduzido pelos colonizadores, sendo atualmente cultivado principalmente no Semiárido nordestino e em ordem de importância nos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará, Bahia e Alagoas. O estado da Paraíba é o maior produtor de arroz vermelho do Brasil, onde a produção está concentrada em municípios localizados na região do Sertão, dando destaque especial ao Vale do Piancó, uma bacia

hidrográfica de solos naturalmente férteis, cujo isolamento geográfico e a completa inexistência de tecnologias para esse cereal, não permitiram até hoje a introdução de qualquer outro arroz, constituindo-se o verdadeiro refúgio do arroz vermelho no País (PEREIRA, 2004; PEREIRA et al., 2009).

Nesta região, o nível tecnológico adotado por quase todos os produtores é artesanal, caracterizando-se por pouco ou nenhum uso de insumos. São identificados diversos gargalos em sua cadeia produtiva, desde o setor de produção, como deficiência de orientação técnica, desarticulação entre os produtores, sistema de produção dependente de chuvas, uso de sementes não melhoradas com mistura de variedades, adquiridas da própria produção (BORGES et al., 2012) e armazenadas durante um ano em condições inadequadas.

A diminuição da produtividade do arroz vermelho no estado da Paraíba decorre da falta de orientação técnica para o manejo adequado do solo, como por exemplo, o aproveitamento do esterco bovino disponível nas propriedades, e o uso de variedades com boa qualidade e mais promissoras para as condições edafoclimáticas da região, na qual predominam os Neossolos Flúvicos. Partindo desses pressupostos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da adubação orgânica, com esterco bovino e do estresse hídrico no desempenho fisiológico de três variedades de arroz vermelho, sendo duas tradicionais e uma melhorada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorama da cultura do arroz

O arroz está entre os cereais mais importantes do mundo. A Ásia é responsável por 88,95% do consumo mundial, seguida das Américas (4,94%), África (4,91%), Europa (1,03%) e Oceania (0,16%). O consumo médio anual per capita de arroz em casca no mundo em 2011/12 foi de 56,7 kg e de 57,0 kg em 2012/13, segundo previsão da FAO (2013). O brasileiro consome 46 kg ano⁻¹ de arroz beneficiado, reforçando sua importância de alimento básico da dieta da população. Na ordem decrescente, a região que mais consome o arroz no domicílio familiar é o Centro-Oeste, seguida pelas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul. Houve queda de 8% no consumo aparente per capita anual de arroz no Brasil no período 1990 a 2010, de 4% entre os períodos 2002 a 2009 e de 16,1% no consumo domiciliar por habitante entre esses mesmos períodos constatados pelas Pesquisas de Orçamento Familiares (WANDER; CHAVES, 2010).

No Brasil, a cultura do arroz apresenta características diversas, decorrentes das peculiaridades em relação às condições edafoclimáticas e de infraestrutura das diferentes regiões, estando disseminada por todo território brasileiro. É cultivado em dois ecossistemas de produção denominados terras altas e várzeas, sob diferentes sistemas de cultivo. O ecossistema de terras altas corresponde a 49% da área total cultivada com arroz no Brasil e contribuiu com 21% da produção nacional. A baixa produtividade cerca de 1800 kg ha⁻¹ é consequência especialmente do déficit hídrico causado pela irregularidade pluvial na época de cultivo, aliado ao baixo investimento em adubos e corretivos decorrente do risco que a cultura apresenta (GUIMARÃES et al., 2006).

As cultivares utilizadas no ecossistema de terras alta são classificadas em dois grupos: tradicionais e modernas. As cultivares tradicionais apresentam porte elevado, folhas decumbentes, baixo perfilhamento e nível considerado de tolerância ao estresse hídrico, sendo recomendada para áreas sem irrigação, enquanto as cultivares modernas são mais produtivas, apresentam porte baixo, folhas eretas, alto nível de perfilhamento e baixa tolerância a déficit hídrico, sendo recomendada para áreas com distribuição pluviométrica regular ou áreas irrigadas por pivô (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 1998; MAUAD et al., 2011).

2.1.1 Relações hídricas na planta de arroz

O consumo de água pela cultura do arroz de terras altas é distribuído em 30% durante a fase vegetativa, 55% durante a fase reprodutiva e 15% na fase de maturação. O efeito da

deficiência hídrica dependerá do momento e do período de ocorrência. Apesar de ser prejudicial em todas as fases, o período mais crítico é na fase reprodutiva, sendo o estágio de 15 dias anterior ao florescimento mais prejudicial. A falta de água nessa época provoca esterilidade ou má formação de espiguetas com grande reflexo na produtividade (FAGERIA, 1980; MOREIRA; KLUGE, 1999).

A deficiência hídrica em qualquer uma das fases de desenvolvimento da planta de arroz acarretará em prejuízos na produtividade de grãos. No entanto, a intensidade do efeito depressivo da deficiência hídrica dependerá do momento, do período de ocorrência e da tolerância relativa da planta. Na fase reprodutiva, período da diferenciação do primórdio da panícula até o florescimento, a deficiência hídrica, ainda, pode reduzir o número de panículas, mediante a não transformação da gema vegetativa em reprodutiva e da degeneração do primórdio da panícula, afetando a porcentagem de colmos férteis (PINHEIRO et al., 1985; CRUSCIOL et al., 2002).

A ocorrência de deficiência hídrica durante, aproximadamente, os primeiros vinte dias da fase reprodutiva, pode reduzir o número de espiguetas total por panícula (PRASERTSAK; FUKAI, 1997; CRUSCIOL et al., 2003; RODRIGUES et al., 2004). O número de espiguetas granadas por panícula é afetado pela deficiência hídrica durante a formação da panícula, ou durante as etapas de microsporogênese e de florescimento (PRASERTSAK; FUKAI, 1997; RODRIGUES et al., 2004; CRUSCIOL et al., 2006). A deficiência hídrica durante o emborrachamento e o florescimento proporciona aumento do número de espiguetas chochas por panícula (PRASERTSAK, FUKAI, 1997; RODRIGUES et al., 2004; CRUSCIOL et al., 2006).

Na fase de maturação, a deficiência hídrica na cultura do arroz afeta a massa dos grãos (FAGERIA, 1980, STONE et al. 1984; PRASERTSAK, FUKAI, 1997; ARF et al., 2001; RODRIGUES et al., 2004; CRUSCIOL et al., 2006, 2012;) principalmente, quando ocorre nos primeiros quatorze dias após o florescimento. A massa do grão trata-se de um caráter varietal estável, que depende do tamanho da casca, determinado durante duas semanas que antecedem a antese e do desenvolvimento da cariópse após o florescimento, portanto dependem das translocações de carboidratos, nos primeiros sete dias, para preencher a casca no sentido do seu comprimento, e nos sete dias posteriores, na largura e espessura (YOSHIDA, 1981; MATSUSHIMA, 1970; MACHADO, 1994; SILVA, 2012).

Tem sido observado que a deficiência hídrica na fase inicial do desenvolvimento do arroz retarda o florescimento comparativamente às plantas supridas adequadamente com água. Pantuwan et al. (2002); Rodrigues et al., (2004), Crusciol et al, (2006) encontraram

variabilidade significativa da floração entre plantas submetidas à deficiência hídrica, apesar de apresentarem data de floração semelhante quando supridas adequadamente com água. O retardamento correlacionou-se negativamente com a produção de grãos, fertilidade de panículas e espiguetas. Guimarães et al. (2006) também observaram que a deficiência hídrica proporcionou floração mais tardia para as linhagens mais susceptíveis à deficiência hídrica comparativamente às linhagens mais resistentes.

A produção de arroz é influenciada por vários fatores ambientais e biológicos, os principais são temperatura, água, radiação solar e nutrientes. A ocorrência de temperaturas superiores à 35°C pode causar esterilidade de espiguetas, principalmente se o genótipo estiver sob limitado suprimento de água (STEINMETZ et al., 2006).

2.1.2 Importância social e econômica do arroz vermelho

A importância social e econômica do arroz vermelho produzidos no Nordeste está relacionada ao fato dele ser considerado um dos principais componentes da dieta (PEREIRA, 2004) e por ser cultivado por pequenos agricultores com sementes de variedades tradicionais, com ampla base genética e adaptabilidade (PORTO et al., 2007). A irrigação é feita por inundação, ou em várzeas úmidas, dependentes de chuvas (PEREIRA et al., 2007).

O arroz de pericarpo vermelho, é a mais antiga cultivar plantada no Brasil. Em 1772, por determinação da Coroa de Portugal, ela foi proibida de ser cultivada no Maranhão e a partir daí difundiu-se a primeira cultivar de arroz branco, o “arroz da Carolina” (PEREIRA, 2002). No entanto, o arroz vermelho mais conhecido é a forma espontânea da mesma espécie *Oryza sativa* L., considerada planta invasora, por causar consideráveis prejuízos às lavouras de arroz branco, principalmente por comprometer a qualidade final do produto (PEREIRA, 2004).

O estado da Paraíba é considerado o principal produtor e onde o arroz Vermelho se refugiou. Até hoje encontra-se sendo produzido, consumido e comercializado, principalmente pelos moradores localizados na região do Vale do Piancó, uma bacia de solos naturalmente férteis e que não permitiu a introdução de outra variedade (PEREIRA, 2004), sendo cultivadas sementes tradicionais, das variedades Cáqui e Maranhão ou Amarelão (BORGES, 2012).

Até 2006 a área de plantio de Arroz Vermelho no Brasil estava em torno de 10 mil hectares e destes, cerca de seis mil hectares concentravam-se na Paraíba. O cultivo do arroz vermelho neste Estado remonta ao século XIX e no Vale do Piancó o arroz branco jamais foi plantado. Nos municípios localizados nesta região, nunca ocorreu produção oficial de

sementes de arroz, o que denota a grande contribuição das famílias rurais nos processo de adaptação, seleção, multiplicação e conservação de sua própria semente (PEREIRA, 2007).

No Vale do Piancó, a produção do arroz é de pequena escala. Os sistemas de cultivo ainda são bastante rudimentares, sendo plantado predominantemente por pequenos agricultores, como lavoura de autoconsumo, numa área de 5 mil hectares, com produção aproximada de 2500 kg ha⁻¹, e preço médio da saca de 60 kg de US\$ 18,00. No entanto, quando ocorre queda de produção, devido à falta de chuvas, a saca de arroz vermelho tem sido comercializada por US\$ 28,00 a US\$ 33,00 dólares (SOUZA, 2012).

Tabela 1 - Lavoura com arroz no município de Santa dos Garrotes, PB. 2004-2011.

Ano	Área plantada ha	Área colhida ha	Produção t	Produtividade Kg ha ⁻¹
2004	800	800	400	500
2005	800	800	240	300
2006	830	830	913	1100
2007	850	850	255	300
2008	800	800	640	800
2009	850	720	504	700
2010	500	125	13	104
2011	380	380	152	400

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal, 2012.

A tabela acima apresenta dados de área plantada e colhida, produção e produtividade de arroz no município de Santana dos Garrotes para os anos civis consecutivos de 2004 a 2011. Dados do IBGE (2012) mostram que a área plantada com arroz em Santana dos Garrotes-PB tem diminuído em decorrência da falta de chuvas. Em 2006 a área plantada e colhida no município foi de 830 hectares, com produtividade média de 1100 Kg ha⁻¹. Em 2010, dos 500 hectares plantados com arroz, somente 30,4% da área foi colhida e a produtividade média foi de apenas 104 Kg ha⁻¹.

2.1.3 Características agronômicas do arroz vermelho

O gênero *Oryza* L., pertence à família Poaceae (Gramineae) e compreende cerca de 25 espécies, entre as quais 23 são silvestres e apenas duas são cultivadas: *Oryza sativa* L. e *Oryza glaberrima* Steud (MIYABAYASHI et al. (2007); VAUGHAN e MORISHIMA, 2003). No Brasil, no entanto, só há ocorrência da espécie *Oryza sativa* L. Esta espécie caracteriza-se botanicamente, por apresentar ramificações secundárias nas panículas, espiguetas persistentes no pedicelo e lígula com até 10mm de comprimento, podendo apresentar tanto o pericarpo branco como vermelho (PEREIRA, 2004).

Tabela 2 - Produtividade de grãos de arroz vermelho, variedade PB02, em comparação com outras 15 variedades de arroz branco, em condições de irrigação por inundação em dois municípios do estado do Piauí. Ano de 2001.

Variedade	Floração (dia)	Altura (cm)	Produtividade de grãos (Kg/ha)		
			Teresina	Miguel Alves	Média
CNA 8573	81	106	9.494	8.687	9.090
CNA 8575	81	104	9.161	8.489	8.825
BRS Formoso	83	96	9.405	8.228	8.816
São Francisco	79	103	8.666	8.958	8.812
Metica 1	82	104	8.952	8.551	8.751
CNA 8574	81	104	8.796	8.567	8.681
CNA 7978	79	102	8.528	8.395	8.461
CNA 8720	82	111	8.280	8.567	8.423
CNA 8728	80	99	8.515	8.197	8.356
Diamante	84	98	8.744	7.901	8.322
BRS Jaburu	82	100	8.713	7.916	8.314
BRS Biguá	79	111	8.593	7.952	8.272
CNA 8730	80	100	8.447	8.067	8.257
CNAi 9025	83	110	8.442	7.208	7.825
PB 02	80	102	8.614	6.984	7.799
SCS-BRS 111	70	111	6.610	5.817	6.213
Média Geral	79	104	8.627	8.100	8.183

Fonte: PEREIRA, 2004.

As pesquisas com arroz vermelho, no Brasil, só começaram a partir da década de 1990. Pereira et al.(2001); Pereira et al. (2008); Pereira et al. (2009) vem estudando o arroz vermelho plantado nos Estados do Nordeste, tendo observado grande variabilidade genética. Quase sempre, são variedades com arquitetura de planta tradicional, apresentando porte alto, folhas longas, pilosas e decumbentes, alta suscetibilidade ao acamamento e baixo potencial de produção. Porém, mesmo não sendo comum, foram encontrados casos de variedades apresentando arquitetura de planta moderna, ou seja, com porte baixo, folhas curtas e eretas, baixo índice de acamamento e elevado potencial produtivo, sendo provavelmente, resultado do cruzamento natural com as variedades de arroz branco.

Segundo Pereira (2004), as variedades tradicionais de arroz vermelho com arquitetura tradicional, podem atingir uma altura de até 1,85 m, já as plantas do grupo moderno, essa altura fica em torno de 1 m. Na cultura do arroz branco, os estudos evidenciam aumento na produtividade de grãos, conseguido pela redução na altura da planta, implicando em menor produção de matéria seca na parte aérea, mas em consequência ocorre uma maior produção de grãos. Segundo o mesmo autor, em estudo comparando-se diversas variedades de arroz branco e uma variedade moderna de arroz vermelho, essa teoria também foi confirmada, pois o arroz vermelho apresentou praticamente o mesmo potencial de produção que as demais variedades de arroz branco.

Yoshida (1981) comparando diversas variedades de arroz vermelho de arquitetura tradicional com as geneticamente melhoradas (pertencentes ao grupo denominado de arquitetura moderna) observou que as variedades tradicionais, apresentam maior capacidade fotossintética e acumulam maior quantidade de carboidratos nos colmos e nas bainhas das folhas do que as variedades modernas, no entanto, elas são menos eficientes no transporte dos carboidratos e na capacidade de acúmulo na espiguetas, e por isso, apresentam menor produtividade de grãos.

2.2 Adubação orgânica

O adubo orgânico de origem animal mais conhecido é o esterco que é formado por excrementos sólidos e líquidos dos animais e pode estar misturado com restos vegetais. Sua composição é muito variada. São bons fornecedores de nutrientes, tendo o fósforo e o potássio rapidamente disponível e o N fica na dependência da facilidade de degradação dos compostos. Contudo esta liberação de nutrientes, geralmente, não supre a necessidade das plantas a menos que seja aplicada em grande quantidade. A matéria orgânica também aumenta a retenção de água nos solos e é responsável, em grande parte, pelo aumento da CTC (KIEHL, 1985).

Estercos, resíduos líquidos e restos vegetais, apresentam efeito positivo como melhoradores do solo e fornecedores de nutrientes. Embora parte dessa informação possa ser extrapolada e assumida como válida no que diz respeito ao uso de compostos, estes têm uma dinâmica no solo bastante diversa dos materiais em estado cru, por ser uma matéria orgânica decomposta e estabilizada (VILLAS BÔAS et al., 2004).

Para o arroz vermelho, assim como para a cultura do arroz em geral, o nitrogênio e o fósforo são os elementos que mais limitam a produção. A importância do nitrogênio para o arroz reside basicamente no fato de que ele estimula o aumento do número de perfilhos, o número de panículas, o número de espiguetas por panícula, o peso dos grãos e o teor de

proteína dos grãos, enquanto o fósforo é essencial por estimular o perfilhamento, o crescimento do sistema radicular e a formação dos grãos (PEREIRA, 2004).

Em relação à adubação orgânica, observou-se em trabalhos conduzidos no Japão, que a aplicação de 10 t ha⁻¹ de esterco de curral no arroz branco de terras altas (sequeiro) aumentou significativamente a produtividade e o número de espiguetas por panículas, como também as plantas de arroz submetidas à adubação tornaram-se resistentes à brusone, fato este atribuído ao aumento no conteúdo de silício e potássio (GUIMARÃES e PRABHU, 2002).

Pesquisas com a cultura do arroz branco no sul da China durante seis anos, constataram que a aplicação de esterco suíno aumentou a produtividade e eficiência no uso de nitrogênio pelo arroz, reduziu o risco de poluição ambiental e melhorou a fertilidade do solo, chegando a produzir 68% a mais que o tratamento controle que utilizou fósforo e potássio na adubação, concluindo que a adubação com esterco suíno é uma boa técnica para proteger o meio ambiente e aumentar a produtividade do arroz (GANG et al., 2008).

No Brasil, a adubação orgânica no arroz branco irrigado e de sequeiro vem sendo difundida na região sul de Santa Catarina, onde alguns agricultores utilizam a cama de aviário como adubo orgânico, por ser esta de fácil disponibilidade em muitas propriedades (EPAGRI, 2009).

Devido à carência de estudos específicos para o arroz vermelho, a adubação mineral segue as mesmas orientações para arroz branco, e não foram encontrados estudos científicos publicados sobre qual a melhor dose de cada nutriente. Em relação à adubação orgânica também não consta na literatura nenhum dado sobre melhor adubo orgânico a ser utilizado, nem qual a melhor dose.

2.3 Importância dos Neossolos para a rizicultura

A classe dos Neossolos, compreende solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição químicomineralógica, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução desses solos. Nesta classe estão incluídos os solos que foram anteriormente classificados como Litossolos e Solos Litólicos, Regossolos, Solos Aluviais e Areias Quartzozas (distróficas, marinhas e hidromórficas) (EMBRAPA, 2006). A figura 1 apresenta o mapa exploratório de

reconhecimento de solos do município de Santana dos Garrotes, onde ocorre predominância do solo anteriormente classificado como Regossolo.

Os Neossolos Flúvicos (RY), solo classificado no município de Santana dos Garrotes, PB, são solos minerais não hidromórficos, oriundos de sedimentos recentes referidos ao período Quaternário. São formados por sobreposição de camadas de sedimentos aluviais recentes sem relações pedogenéticas entre elas, devido ao seu baixo desenvolvimento pedogenético. Geralmente apresentam espessura e granulometria bastante diversificadas ao longo do perfil do solo, devido a diversidade e as formas de deposição do material originário. Normalmente a diferenciação entre as camadas é bastante nítida, porém, existem situações em que torna-se difícil a separação das mesmas, principalmente quando são muito espessas. Na Zona da Mata de Pernambuco, estes solos podem ser distróficos, eutróficos, ácidos, dessaturados de bases e com argilas de baixa atividade. Portanto, estes solos apresentam uma variabilidade muito grande em suas características físicas, químicas e morfológicas devido a diversidade do seu material de origem e o seu baixo grau de desenvolvimento pedogenético (SILVA e OLIVEIRA NETO, 2011).

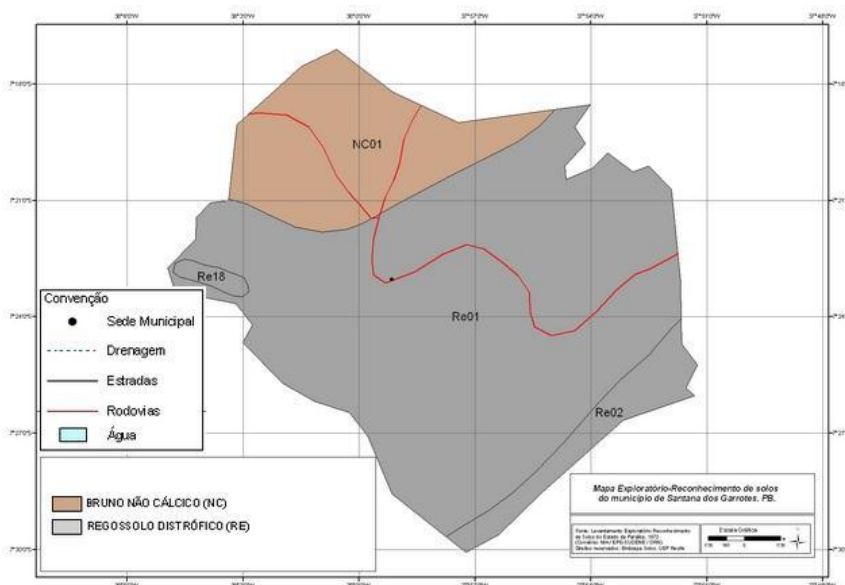


Figura 1 - Mapa exploratório de reconhecimento de solos do município de Santana dos Garrotes, PB.

Fonte: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=pb>.

A produção de arroz no Rio Grande do Sul é concentrada na metade sul do Estado, onde predominam, nas terras baixas, os Planossolos e Gleissolos, representando 56% das áreas de várzea. Localizados em cotas mais elevadas, ocorrem os Chernossolos e os Neossolos, que representam 16 e 11 % das áreas de várzea, respectivamente (PINTO et al., 2004). Os últimos, embora participem com menor área, são importantes ordens de solos

utilizadas para o cultivo de arroz, pois, associado ao fato de a posição geográfica de onde ocorrem ser favorável à cultura, apresentam produtividades mais elevadas em razão da fertilidade química natural em relação às demais ordens (SILVA et al., 2011).

2.4 Manifestações metabólicas da deterioração das sementes

A produção de arroz é influenciada por vários fatores ambientais e biológicos, os principais são temperatura, água, radiação solar e nutrientes. A ocorrência de temperaturas superiores a 35°C pode causar esterilidade de espiguetas, principalmente se o genótipo estiver sob limitado suprimento de água (STEINMETZ et al., 2006).

O processo de deterioração pode ser definido como toda e qualquer transformação degenerativa da semente, podendo ser de origem bioquímica, física, fisiológica ou genética. Constitui-se em um processo contínuo com direção progressiva, em níveis variáveis, rumo a perda da viabilidade e mudanças nas propriedades fisiológicas e bioquímicas. A deterioração pode começar precocemente, quando a semente atinge a maturidade fisiológica e continuar até a sua morte, sendo a perda da capacidade germinativa uma das manifestações finais do processo deteriorativo (JUARCH, 2004).

As alterações fisiológicas e bioquímicas durante o armazenamento, como indução ou superação de dormência, ocorrência de plântulas anormais, perda de vigor, perdas ou redução de enzimas, perda na integridade das membranas e autooxidação de lipídeos, são fenômenos influenciados pelas condições edafoclimáticas (BILIA, 1992; JUARCH; 2004).

O processo de deterioração das sementes tem como consequência inicial à desestruturação do sistema de membranas celulares, através da ação de radicais livres (CARVALHO e SILVA, 1994) e a organização das membranas é máxima na maturidade fisiológica (NASCIMENTO et al., 2006). À medida que as sementes perdem água, ocorre a desorganização das membranas celulares e a partir daí, a germinação e o vigor geralmente declinam (VIDIGAL et al., 2009).

2.5 Qualidade fisiológica das sementes

A qualidade da semente é expressa por atributos de qualidade fisiológica, genética, física e sanitária. Para a obtenção de sementes de qualidade, a colheita no ponto de maturidade fisiológica é fundamental. Por outro lado, neste momento as sementes se encontram com alto teor de água. No processo de maturação fisiológica do arroz, podem ser distinguidos basicamente três estádios. O primeiro é denominado estágio leitoso, caracterizando-se pelo fato de a cariopse apresentar-se tipicamente verde, com elevado conteúdo de água. O segundo é o estágio de massa, começando quando a cariopse se torna

mais consistente e vai até quase completar seu desenvolvimento total. No último, denominado estágio de maturação propriamente dito, a semente se encontra completamente madura, o endosperma completou seu desenvolvimento e se apresenta branco, sem pontuações verdes (INFELD et al., 1987; SARAIVA et al., 2007).

A maturação, assim como a floração, se processa das espiguetas do ápice para as da base da panícula. Numa mesma planta, primeiro matura a panícula do colmo principal, depois as panículas dos afilhos de primeira ordem, depois as de segunda ordem e assim sucessivamente. O arroz que amadurece rapidamente em condições de calor seco tende a ser opaco, enquanto o que amadurece em condições frias tende a ser translúcido e resistente à quebra, entretanto, temperaturas baixas logo no início da maturação, na fase de enchimento de grão, podem ser prejudiciais, resultando um aumento de grãos gessados (INFELD et al., 1987).

As cultivares de arroz recomendadas para o cultivo sob regime de irrigação, aumentam a suscetibilidade ao desgrane e a fissuras na medida em que o teor de água das sementes é reduzido naturalmente sob condições de campo. Além disso, apresentam consideráveis reduções na qualidade das sementes quando aumenta o período de permanência em campo após atingir o ponto de maturidade fisiológica. Durante a recepção de sementes de arroz, mantê-los úmidos na moega, sem aeração, por período superior a 24 horas, pode reduzir a qualidade e a conservabilidade no posterior armazenamento (ELIAS, 1998; SARAIVA et al., 2007).

A qualidade fisiológica das sementes influencia diretamente a população inicial das plantas, refletindo diretamente no rendimento da cultura. As normas e padrões para a produção de sementes do Estado do Rio Grande do Sul estabelecem germinação mínima de 80%. Juntamente com a germinação, o fator que determina um rápido e uniforme estabelecimento da população de plântulas no campo é o vigor, sendo considerado o atributo de qualidade que melhor expressa o desempenho das sementes, que não é possível detectar pelo teste de germinação (KRZYZANOWSKI e FRANÇA NETO, 1999; BARBIERI, 2011).

A qualidade fisiológica da semente pode ser avaliada por duas características fundamentais, a viabilidade e o vigor (POPINIGIS, 1977; LIMA et al., 2005). A viabilidade é determinada pelo teste de germinação, um fenômeno biológico que pode ser considerado pelos botânicos como a retomada do crescimento ativo por parte do embrião, com o subsequente rompimento do tegumento pela radícula. Entretanto, para os tecnologistas de sementes, a germinação é definida como a emergência e o desenvolvimento de estruturas essenciais do embrião, manifestando a sua capacidade de originar uma planta normal, sob

condições do ambiente favorável. O vigor, no entanto, compreende um conjunto de características que determinam o potencial fisiológico das sementes, sendo influenciado pelas condições do ambiente e manejo durante as etapas de pré e pós-colheita (VIEIRA e CARVALHO, 1994).

A qualidade das sementes diminui com o passar do tempo e a taxa de deterioração depende das condições ambientais durante o armazenamento e do tempo em que estas ficarão armazenadas. A deterioração das sementes inclui uma série de processos envolvendo transformações degenerativas de natureza progressiva que começam a ocorrer, geralmente no campo, a partir da maturidade fisiológica e que, do ponto de vista prático, tem como consequência final a perda do poder germinativo (BAUDET, 1996; SARAVIA et al., 2007).

2.5.1 Teste de germinação

Adotando a definição de Hoppe (2004) a germinação é o processo que inicia com a retomada do crescimento pelo embrião das sementes, desenvolvendo-se até o ponto em que forma uma nova planta com plenas condições de nutrir-se por si só, tornando-se independente.

A avaliação da germinação de sementes é efetuada pelo teste de germinação, conduzido em laboratório sob condições controladas e por meio de métodos padronizados que visam avaliar o valor das sementes para a semeadura e comparar a qualidade de diferentes lotes, servindo como base para a comercialização das sementes. O substrato tem a função de suprir as sementes de umidade e proporcionar condições adequadas à germinação delas e ao posterior desenvolvimento das plântulas (FIGLIOLIA et al., 1993), devendo manter uma proporção ideal entre a disponibilidade de água e a aeração e, assim, evitar a formação de uma película aquosa sobre a semente, que impede a penetração de oxigênio (POPINIGIS, 1977) e contribui para a proliferação de patógenos.

Na escolha de um substrato, alguns aspectos devem ser considerados, como o tamanho da semente, a exigência com relação à umidade e à luz, a facilidade que ele oferece durante a instalação do experimento, a realização das contagens e a avaliação das plântulas (BRASIL, 2009).

O potencial fisiológico das sementes é rotineiramente avaliado pelo teste de germinação, conduzido sob condições altamente favoráveis de temperatura, umidade e substrato, viabilizando assim, o máximo potencial para germinação. Os resultados desse teste apresentam confiabilidade para analistas e produtores de sementes, sob o aspecto de reprodutibilidade dos dados, tendo como finalidade obter informações acerca da qualidade de diferentes lotes com vistas à comercialização (COUTO, 1998; ZEPKA et al., 2007). No

entanto, este teste não é suficiente para prever o comportamento das sementes em campo, onde as condições nem sempre são favoráveis e sugerem a complementação do teste de germinação com o teste de emergência de plântulas a campo a fim de identificar lotes com melhor desempenho (BYRUM e COPELAND, 1995; ZEPKA et al., 2007; BARBIERI, 2012).

2.5.2 Condutividade elétrica

Dentre os testes de vigor considerados mais importantes pela Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983) e pela International Seed Testing Association (ISTA, 2004), pode ser destacado o teste de condutividade elétrica como um dos mais confiáveis, devido a sua objetividade e rapidez, além da facilidade de execução. O teste de condutividade elétrica determina a quantidade de íons presentes na água de embebição e, indiretamente, o vigor das sementes, sendo que o vigor está relacionado à integridade do sistema de membranas celulares (MARCOS FILHO et al., 1987). Este teste determina também o estado de degeneração mais sutil do sistema de membranas celulares das sementes, que é consequência inicial de um processo de deterioração e que não tem condições de ser determinado pelo teste de germinação. Estas transformações degenerativas exercem grande influência no potencial de desempenho das sementes com reflexos na capacidade de armazenamento, na emergência de plântulas no campo, no crescimento e na produtividade das plantas.

A avaliação da condutividade elétrica pode ser conduzida pelo método de massa, mais utilizado, e pela avaliação da condutividade de cada semente individualmente. Apesar de suas vantagens, o teste necessita de ajustes especiais para a sua utilização e obtenção de resultados confiáveis em diferentes espécies, já que os resultados dependem da morfologia e tamanho das sementes, da permeabilidade dos tecidos, qualidade e o volume de água (TAO, 1978; LOEFFLER et al., 1988; VIEIRA, 1994; HAMPTON e TEKRONY, 1995; SOUZA et al., 2009).

O teste de condutividade elétrica foi proposto por Matthews; Bradnock (1967) para estimar o vigor de sementes de ervilha. Ele evidencia que a quantidade de eletrólitos liberada pelas sementes durante a embebição está, diretamente, relacionada à integridade das membranas celulares. Membranas mal estruturadas e células danificadas estão, geralmente, associadas com o processo de deterioração da semente e, portanto, com sementes de baixo vigor (AOSA, 1983). Até o momento, este teste é recomendado para avaliação do vigor de sementes de ervilha (NIJÊNSTEIN et al., 2007) e sugerido para sementes de soja (HAMPTON e TEKRONY, 1995). Apesar da indicação preferencial para essas duas espécies,

o teste tem sido estudado para outras culturas, em razão da sua simplicidade de execução e rapidez de resposta.

Vários fatores diretamente relacionados às características das sementes ou a própria metodologia podem interferir nos resultados do teste de condutividade elétrica (SAMPAIO et al., 1995; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999), tais como: presença de sementes danificadas fisicamente (TAO, 1978; LOEFFLER et al., 1988), tamanho da semente (TAO, 1978; DESWAL; SHEORAN, 1993), genótipo dentro de uma mesma espécie (PANOBIANCO; VIEIRA, 1996; PANOBIANCO et al., 1999), grau de umidade inicial das sementes (AOSA, 1983; LOEFFLER et al., 1988; HAMPTON et al., 1992; CARVALHO, 1994), período de embebição (LOEFFLER et al., 1988) e temperatura de embebição (GILVELBERG et al., 1976).

Na fase inicial do processo de embebição, a capacidade da semente de reorganizar o sistema de membranas celulares e de reparar danos físicos e/ou biológicos, que podem ter ocorrido durante o processo de produção, irá influenciar a quantidade e natureza de lixiviados liberados para o meio externo (SIMON; RAJA ARUN, 1972; BEWLEY; BLACK, 1994; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Assim, sementes com menor potencial fisiológico, em decorrência do processo deteriorativo, têm a capacidade de reorganização de membranas reduzida, havendo maior perda de solutos para o meio, determinando decréscimo nas reservas da semente e prejuízo na uniformidade e rapidez do processo germinativo (AOSA, 1983; BEWLEY; BLACK, 1994; HAMPTON; TEKRONY, 1995; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

A condutividade elétrica foi proposta como um teste para avaliar o potencial fisiológico das sementes, por meio da quantidade de íons lixiviados em uma solução com determinado volume de água deionizada, onde um número conhecido de sementes é embebido sob temperatura controlada, durante período pré estabelecido; as sementes de menor potencial fisiológico liberam maior quantidade de exsudados após o período de embebição, como consequência da menor seletividade das membranas celulares (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Barbieri (2011) determinou o potencial fisiológico de sementes de arroz baseado nos teste de integridade das membranas celulares e concluiu que, para cultivar IRGA 424, a condição mais adequada para a realização do teste de condutividade elétrica massal é a utilização de 25 sementes com casca imersos em 50 ou 75 mL de água destilada e deionizada, por 2 a 8 horas, a 25°C. No entanto, afirma que apesar de ser um teste promissor para a

separação de lotes de arroz em função do vigor das sementes, existe a influência do genótipo utilizado.

As alterações nos processos bioquímicos são, geralmente, as primeiras mudanças detectáveis que ocorrem durante a deterioração de um lote de sementes. Por isso, o teste de condutividade elétrica é considerado um bom teste de vigor, pois permite medir o nível de integridade das membranas celulares (FERGUSON, 1995). Os solutos citoplasmáticos, liberados durante a embebição de sementes com membranas danificadas, possuem propriedades eletrolíticas, conduzindo cargas elétricas que podem ser medidas com um condutivímetro. Os valores de condutividade são relacionados com a desestruturação das membranas, cujos valores são correlacionados com a germinação e o vigor das sementes (KRZYZANOWSKI e FRANÇA NETO, 1999).

2.5.3 Lixiviação de Potássio

Durante a embebição de água pelas sementes, ocorre a lixiviação de solutos citoplasmáticos no meio líquido, proporcionalmente ao estado de desorganização das membranas e inversamente proporcional à velocidade das membranas se reorganizarem (VIEIRA, 1994; BARBIERI, 2011; BARBIERI et al., 2012).

A lixiviação de potássio tem sido utilizada para avaliar o potencial fisiológico de sementes de diferentes espécies. Em algodão, a avaliação da quantidade de K^+ liberados pelas sementes embebidas mostrou-se um indicador de qualidade fisiológica mais eficiente do que a quantidade de eletrólitos totais (WOODDSTOCK et al., 1995). Em arroz, a combinação 50 sementes puras imersas em 50 mL de água destilada e deionizada, à 25°C durante 60 minutos representa o procedimento para classificar lotes de sementes de arroz, em função de sua qualidade fisiológica (BARBIERI, 2011; BARBIERI et al., 2012).

A elevada lixiviação de solutos das sementes é a primeira consequência da redução do vigor das sementes de um lote, causada pela deterioração e por danos de embebição, os quais interagem entre si, pois, sementes mais deterioradas são mais susceptíveis ao dano de embebição e, conseqüentemente, ao aumento de lixiviados na água de imersão (MATHHEWS; POWELL, 2006).

O teste de lixiviação de potássio baseia-se no princípio semelhante ao do teste de condutividade elétrica, porém visa a determinação de quantidade de íons de potássio liberada pelas sementes durante a imersão, com a vantagem adicional de fornecer informações sobre a qualidade fisiológica dos lotes em período de tempo consideravelmente reduzido em relação à

condutividade elétrica, o que o torna um índice rápido de avaliação do vigor de sementes de algumas espécies (DIAS e MARCOS FILHO, 1995).

O íon potássio é o principal elemento, em termos de quantidade, lixiviado. Muitos íons diferentes permeiam simultaneamente as membranas de células vivas, mas o íon potássio tem a concentração mais elevada e a maior permeabilidade em células vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido de março a julho de 2013 em ambiente protegido com telado de náilon localizado no Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) no município de Areia-PB, situado a 6°58' de latitude Sul e 35°41' de longitude Oeste e 575 m de altitude. Durante o período experimental, a temperatura (T) e a umidade relativa (UR) do ar foram medidas a cada 10 minutos por um datalogger modelo HT-500 (Figura 2).

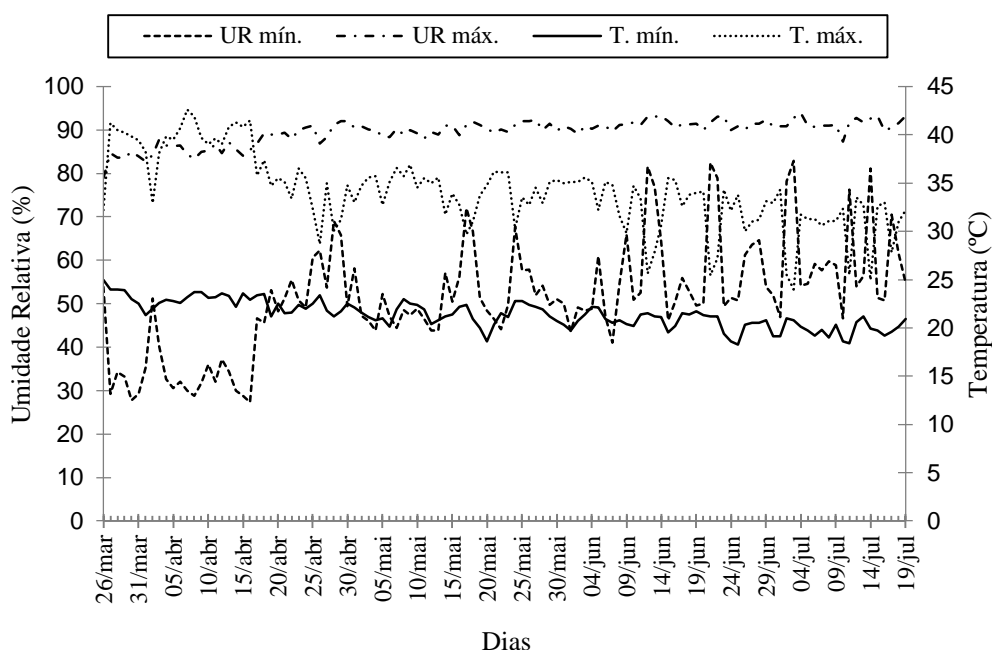


Figura 2 - Valores médios diários de temperatura, máxima e mínima, e umidade relativa máxima e mínima, registrados no interior do ambiente protegido durante produção de sementes de arroz vermelho. UFPB, Areia-PB, 2013.

3.2 Caracterização física e química do solo e do esterco bovino

O solo, classificado como Neossolo Flúvico, foi coletado da camada arável de 0-20 cm de profundidade de cinco propriedades produtoras de arroz vermelho, localizadas no município de Santana dos Garrotes-PB, pertencente ao Vale do Piancó. A escolha das cinco propriedades foi feita a partir da análise do solo de 12 propriedades, e escolhidas as que apresentaram características químicas e físicas semelhantes. Após análise do solo destas propriedades, foi feita a homogeneização dos mesmos e procedeu-se novas análises químicas. Coletou-se três amostras simples do solo homogeneizado e em seguida encaminhou-se para o Laboratório de Física do Solo do DSER/CCA/UFPB para determinação da granulometria

(areia, silte e argila), densidade de partícula e do solo, argila dispersa em água, grau de flocculação, porosidade e classificação textural, conforme EMBRAPA (2009) e para o Laboratório de Matéria Orgânica do DSER/CCA/UFPB para realização da análise de fertilidade do solo como, pH em água (1:2,5) através de leitura direta em potenciômetro; matéria orgânica segundo metodologia descrita por Walkley e Black (1934); P e K (Mehlich-1), Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis por complexometria com EDTA, $\text{H}+\text{Al}$, Al^{+3} , e Na conforme EMBRAPA (2009). Os dados referentes a estas análises estão dispostos na tabela 3.

Tabela 3 - Atributos físico e químicos do Neossolo Flúvico utilizado no experimento para avaliar produtividade e qualidade fisiológica de sementes de arroz vermelho. UFPB, Areia-PB, 2013.

IB, 2013.													
Análise física													
AG	AF	Silte	Argila	Arg. disp.	GF	Ds	Dp	PT	Classe textural				
g Kg ⁻¹						g cm ⁻³		m ³ m ⁻³					
23	172	590	215	167	223	1,14	2,68	0,57	Franco siltosa				
Análise química													
pH	P	K ⁺	Na ⁺	H+Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V	m	MO	
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³							%		g Kg ⁻¹	
(1:2,5)													
6.55	35.64	151	0.56	1.32	0.00	4.90	4.05	9.90	11.22	88.2	0.0	9.93	

AG: Areia grossa; AF: Areia fina; GF: Grau de flocculação; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade de partícula; PT: Porosidade total; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases; m: Saturação por alumínio; MO: matéria orgânica.

Juntamente com a coleta de solo foi coletado o esterco bovino presente em algumas das propriedades. As amostras de esterco foram devidamente coletadas e encaminhadas para o Laboratório de Matéria Orgânica do DSER/CCA/UFPB para determinação do pH, teores de cinzas, carbono orgânico total (COT), como também dos macronutrientes N, P e K conforme a metodologia de Tedesco et al., (1995). Os valores destas determinações encontram-se na tabela 4.

Tabela 4 - Análise química do esterco bovino utilizado no experimento para avaliar produtividade e qualidade fisiológica de sementes de arroz vermelho. UFPB, Areia-PB, 2013.

pH	C	N	Cinzas	MO	P.M.S	K.M.S	Relação
H ₂ O (1:2,5)	%				g Kg ⁻¹		C/N
8,75	26,60	1,33	58,98	41,02	3,88	5,66	20

MO: Matéria orgânica; P.M.S: fósforo da matéria seca do esterco; K.M.S: potássio da matéria seca do esterco.

3.3 Delineamento do Experimental

O delineamento experimental aplicado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial (3x4x2) sendo três variedades de arroz vermelho, duas tradicionais (Cáqui e

Maranhão) provenientes da associação de produtores de arroz vermelho do município de Santana dos Garrotes-PB e uma variedade melhorada (MNA 902) cedida pela Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI; quatro doses de esterco bovino (0, 4, 8 e 12 t ha⁻¹) e com presença e ausência de estresse hídrico. Foram utilizados quatro blocos, totalizando 24 tratamentos e 96 unidades experimentais.

3.4 Instalação e Condução do Experimento

As sementes das três variedades de arroz vermelho foram semeadas em bandejas contendo areia lavada e após emergência e surgimento da terceira folha foram transplantadas para cada unidade experimental, constituída de um vaso plástico com capacidade para nove litros, contendo oito quilos de solo, passado em peneira de malha de quatro milímetros, e a quantidade específica de esterco. Para esta unidade foram transplantadas cinco plântulas, com tamanho uniforme, deixando-se apenas duas a partir da emissão da quinta folha.

Os vasos foram acomodados em bancadas de alvenaria, em ambiente protegido, sendo irrigados diariamente com água destilada, de acordo com a necessidade, verificada pelo peso do vaso através de balança digital. A condição de estresse hídrico foi iniciada a partir da fase de perfilhamento até a de maturação das sementes como descrito por Pereira et al., (1994) para grãos de arroz vermelho. O estresse hídrico foi definido através do teste de drenagem, onde foi considerado como capacidade de vaso o conteúdo de água retido pelo solo, após sofrer saturação e consequentemente ação da gravidade (CASAROLI e LIER, 2008).

Cada vaso foi perfurado na sua base, coberto com uma tela de malha fina e preenchidos com os oito quilos de solo. Posteriormente foi adicionado água, levemente, até atingirem a saturação completa. Em seguida, foram submetidos à drenagem livre, sendo medidas suas massas diariamente, durante quatro dias, quando foi observado a paralização da drenagem. Com base nestes resultados, a capacidade de vaso foi então estimada através da diferença do peso final pelo inicial. Determinou-se 80% da capacidade de vaso como ausência de estresse e 60% da capacidade de vaso presença de estresse hídrico, pois segundo Pereira et al. (1994), o limite mínimo de umidade do solo para não causar redução na produção de grãos de arroz está na faixa de 70-80% de umidade.

3.5 Qualidade Fisiológica das Sementes

Quando as sementes atingiram o ponto de colheita ideal, elas foram colhidas e acondicionadas em sacos de papel, sendo primeiramente encaminhadas para o Laboratório de Matéria Orgânica do DSER/CCA/UFPB para determinação da produtividade de sementes, determinada com base na massa das sementes produzida na unidade experimental em gramas

por planta (g planta^{-1}). Após quatro meses de armazenamento, em condições controladas de temperatura e umidade, as sementes foram encaminhadas para o Laboratório de Tecnologia de Sementes da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, campus de Macaíba-RN, para caracterização dos 24 tratamentos através das seguintes determinações e testes:

3.5.1 Grau de umidade

Determinado pelo método de estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$, com circulação forçada de ar, por 24 horas, conforme Regra para Análise de Semente-RAS (BRASIL, 2009), utilizando-se duas repetições de 3 gramas para cada tratamento. Os resultados foram expressos em percentagem média.

3.5.2 Peso de 1000 sementes

Foi avaliada com oito subamostras, conforme a metodologia para o peso de mil sementes prescrito na RAS (BRASIL, 2009).

3.5.3 Germinação

Uma amostra de 200 sementes foi subdividida em quatro subamostras de 50 sementes de cada tratamento. Estas foram semeadas em papel para germinação umedecido com água destilada na quantidade equivalente a três vezes a massa do papel seco e organizados na forma de rolos. Os mesmos foram acondicionados em sacos plásticos transparentes e mantidos em estufa incubadora para B.O.D (demanda bioquímica de oxigênio) regulado a temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Aos 14 dias após a semeadura foram contabilizadas o número total de sementes germinadas adotando-se o critério de plântula normal, conforme (BRASIL, 2009) sendo os resultados expressos em percentagem.

3.5.4 Primeira contagem de germinação

Foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, computando-se o número de sementes germinadas aos três dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em percentagem de plântulas normais.

3.5.5 Índice de velocidade de germinação

Determinado conjuntamente ao teste de germinação, por meio da contagem do número de sementes germinadas, diariamente, a partir do terceiro dia, até a estabilização do estande e calculado segundo a equação (1) proposta por Maguirre (1962).

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n} \quad (1)$$

Onde G_1, G_2, G_n = número de sementes germinadas na primeira, na segunda e na última contagem; N_1, N_2, N_n = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem. Ressalta-se que a primeira contagem ocorreu aos dois dias após instalação do teste, sendo observado alto percentual de germinação em todos os tratamentos.

3.5.6 Massa seca de plântula

Determinada em quatro repetições ao final do teste de germinação, onde o total de plântulas normais foram, sem o cotilédone, foram acondicionadas em sacos de papel e mantidas em estufa à 60°C por 48 horas. Em seguida, determinou-se a massa seca das plântulas em balança de precisão (0,001 g) e o valor obtido pela soma de cada repetição foi dividido pelo número total de plântulas utilizadas. Os resultados foram expressos em miligrama por plântula (mg plântula^{-1}).

3.5.7 Emergência das plântulas em campo

Foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, semeadas em linhas de 70 cm de comprimento e profundidade média de 3 cm. A avaliação da porcentagem de emergência das plântulas foi efetuada aos 12 dias após a semeadura conforme Nakagawa (1994).

3.5.8 Condutividade elétrica massal

Determinada utilizando-se quatro subamostras de 25 sementes para cada tratamento, previamente pesadas em balança com precisão de 0,001g, imersas em 75 ml de água destilada e deionizada, em copos plásticos com capacidade de 180 mL e mantidas em câmara tipo BOD a 25 °C durante 24 horas (VIEIRA, 1994). Após este período, foi feita a leitura da solução do exsudado com auxílio de condutivímetro modelo Digimed DM 31, sendo depois calculada a condutividade em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes em função do peso inicial das sementes utilizadas (AOSA, 1983).

3.5.9 Lixiviação de Potássio

O teste foi conduzido utilizando-se quatro subamostras de 50 sementes previamente pesadas (precisão de 0,001 g), colocadas em copos plásticos contendo água destilada e deionizada e mantidas durante 60 minutos em câmara BOD a 25°C (BARBIERI, 2011). As leituras foram efetuadas em fotômetro de chama B462 da marca MicroNal no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Inicialmente, foi realizada a curva de calibração do fotômetro de chama, para a verificação da linearidade da curva da solução padrão. Esta calibração foi estabelecida através de regressão linear e avaliada com sete observações, sendo uma com água destilada, ajustada para leitura zero e, as demais, realizadas com soluções padrão com concentração conhecida de potássio (2, 4, 8, 12, 16 e 20 ppm). O padrão estudado apresentou linearidade com alto coeficiente de determinação ($R^2=0,9883$), confirmando a adequação da curva para determinação do potássio lixiviado pelas sementes. Para o cálculo da lixiviação de potássio considerou-se o resultado da leitura obtida no fotômetro de chama e ajustado pela curva, o volume de água destilada e deionizada utilizado (mL) e a massa da amostra (g). O resultado final foi expresso em mg kg^{-1} de semente.

3.6 Análise estatística

Os dados referentes ao teor de água das sementes não foram analisados estatisticamente. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado para os dados relacionados ao peso de mil sementes, aos testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, massa seca de plântulas, condutividade elétrica massal e lixiviação de potássio. Para o teste de emergência das plântulas em campo foi adotado o delineamento em blocos ao acaso. As médias foram submetidas à análise de variância e as médias dos fatores qualitativos (variedade e estresse hídrico) comparadas pelo teste de Scott-Knott com 95% de confiança de modo a evitar a ambiguidade dos dados e melhor estratificar os tratamentos. As interações que apresentaram diferenças significativas pelo teste F foram estudadas por meio de análise de regressão com auxílio do programa ASSISTAT 7.7.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de arroz vermelho apresentaram grau de umidade com pequenas variações, entre 12,09 e 13,10%, para a variedade Caqui; 12,21 e 13,38%, para a variedade Maranhão e 12,18 e 12,92%, para a variedade MNA 902. Este é um importante aspecto para o armazenamento, pois, sementes com elevado teor de umidade compromete a qualidade fisiológica das sementes e, para os estudos sobre o teste de condutividade elétrica (CE) e lixiviação de potássio (LK), uma vez que a uniformização do teor de água das sementes dos diferentes tratamentos é fundamental para obtenção de resultados consistentes.

O teor de água inicial, para o teste de CE deve se situar na faixa de 11 a 17%, pois teores muito baixos de água elevam os valores de condutividade elétrica, já valores mais altos de umidade reduzem a saída de eletrólitos, diminuindo a condutividade (LOEFFER et al., 1988; VIEIRA e KRZYŻANOWSKI, 1999; BARBIERE, 2011). A análise de variância dos dados mostrou efeito significativo em todos os parâmetros avaliados, exceto para a emergência das plântulas em campo. Foi verificado baixos coeficientes de variação, revelando um controle experimental eficiente, o que aumenta a confiabilidade dos resultados, conforme elucidada Pimentel Gomes (2000).

4.1 Produtividade de sementes

A tabela 5 apresenta o resumo da análise de variância da produtividade de sementes de arroz vermelho demonstrando que os fatores, variedades e estresse hídrico, bem como, a interação dose versus variedade, apresentaram efeitos significativos.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância da produtividade de sementes de arroz vermelho cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio
Variedades (V)	2	5,16*
Estresse (E)	1	17,79**
Doses (D)	3	37,45--
E x V	2	1,47 ^{ns}
D x V	6	3,44*
D x E	3	0,74 ^{ns}
V x E x D	6	0,84 ^{ns}
Tratamentos	23	7,45**
Blocos	3	7,29**
Resíduo	69	1,45
Total	95	
CV(%)		16,01

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% pelo teste F respectivamente e -- não se aplica o teste de média.

A análise de regressão dos dados da interação dose versus variedade da produtividade de sementes de arroz vermelho indicou efeitos significativos, como mostra a tabela 6.

Tabela 6 - Resumo da análise de regressão da produtividade de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia-PB, 2013.

Regressão	Produtividade de sementes		
	Cáqui	Maranhão	MNA 902
	Quadrado médio		
Linear	56,62**	31,04**	25,98**
Quadrática	0,40 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,19 ^{ns}
CV (%)	23,74	16,39	11,85

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% pelo teste F respectivamente.

Os valores de produtividade de sementes se ajustaram ao modelo linear crescente com aumento das doses de esterco aplicadas ao solo, para as três variedades de arroz vermelho. No entanto, as variedades responderam de forma diferenciada. De acordo com as linhas de tendência ajustadas aos dados, pode-se estimar que as variedades Cáqui, Maranhão e MNA 902 atingiram os maiores valores de produtividade na dose 12 t.ha⁻¹ obtendo-se valores de 9,14, 8,58 e 9,17 g planta⁻¹ respectivamente. Porém, não foi possível estimar a máxima produtividade nem determinar a máxima eficiência técnica com adubação orgânica via esterco bovino, pois essas variedades poderiam responder positivamente, com aplicação de maiores doses deste tipo insumo, como pode ser observado na figura 3.

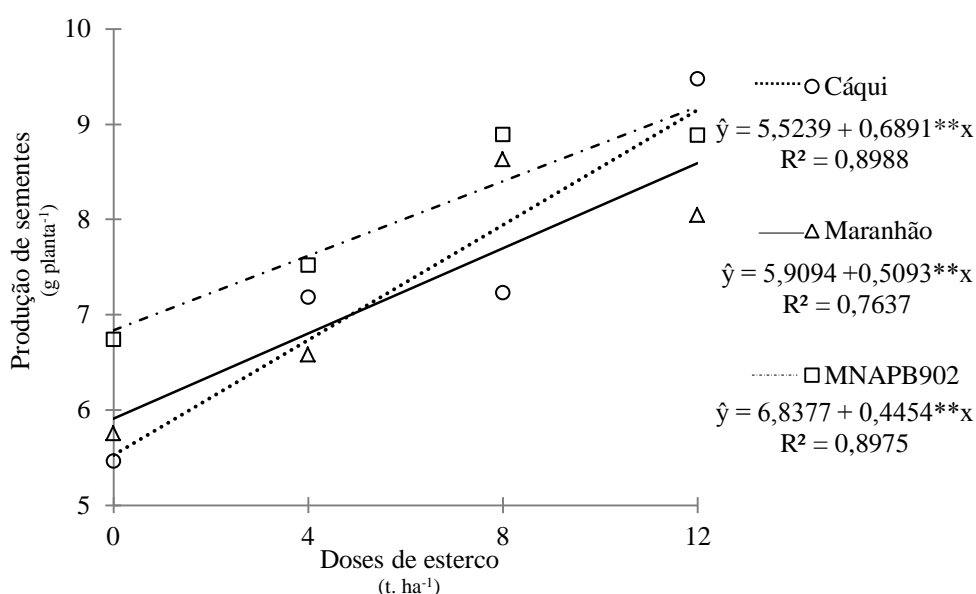


Figura 3 - Produtividade de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia, PB, 2013.

A produtividade média de sementes por planta foi de 7,33, 7,24 e 7,98 g planta⁻¹ para as variedades Cáqui, Maranhão e MNA 902 respectivamente.

Pereira et al. (2009) trabalhando com as variedades Cáqui e Maranhão em condições de ambiente protegido, encontrou valores médios de produtividade de grãos correspondentes a 13,69 g planta⁻¹ para a Cáqui e 16,36 g planta⁻¹ para a Maranhão. Silva (2012), no entanto, trabalhando com seis genótipos de arroz branco, em ambiente protegido, encontrou valores médios de produtividade de grãos variando entre 16 e 58 g planta⁻¹.

Todos estes valores são superiores aos obtidos neste trabalho, pois, levando-se em consideração que as variedades de arroz branco cultivadas atualmente, apresentam arquitetura de planta mais moderna, no geral, elas apresentam maior produtividade de grãos quando comparadas com as variedades de arroz vermelho. Além disso, a produtividade das variedades de arroz vermelho tradicionais são sempre menores, pois, variedades modernas, geneticamente melhoradas, apesar de produzirem menor quantidade de matéria seca, são mais eficientes no transporte de carboidratos e na capacidade de acúmulo nas espiguetas, apresentando, portanto, maior produtividade (PEREIRA et al., 2006; PEREIRA et al., 2007; PEREIRA et al. 2008; PEREIRA et al. 2009).

A temperatura do ar é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura do arroz. A ocorrência de temperaturas superiores à 35°C pode causar esterilidade de espiguetas, principalmente se o genótipo estiver sob limitado suprimento de água (STEINMETZ et al., 2006) acarretando na diminuição da produção e produtividade de grãos, o que pode ter acontecido, devido aos picos de alta temperatura ocorridos no interior do telado. Provavelmente, os efeitos positivos do esterco bovino sobre a produtividade de sementes de arroz vermelho resultam não somente do suprimento de nutrientes, mas também do aumento na capacidade de troca de cátions, proporcionada pelo aumento da umidade do solo devido ao acúmulo de matéria orgânica, ocasionando assim melhoria no aproveitamento dos nutrientes originalmente presentes no solo (PRIMAVESI, 1985; MARCHESINI et al., 1988), isso porque o experimento foi instalado em solo com teores de P e K classificados como alto e muito alto (IPA, 2008) respectivamente, e por isso foram suficientes para suprir as demandas da cultura do arroz.

O esterco bovino, teve portanto, como principal função o fornecimento de nitrogênio para as plantas, já que o N é um elemento fundamental no metabolismo das mesmas e sua presença garante o crescimento vegetal, pois sua disponibilidade está ligada a divisão e expansão celular (CHAPIN, 1980; CARVALHO, 2005). Nesse sentido, é possível que os benefícios proporcionados pela adição de matéria orgânica, permitiram à cultura do arroz

vermelho expressar maior capacidade de produção de sementes, induzida pela constituição genética sob as condições em que o experimento foi realizado.

Os elementos que mais limitam a produção do arroz vermelho, assim como a cultura do arroz em geral, são o nitrogênio e o fósforo. As várzeas, via de regra, são ricas no elemento potássio, mas é interessante lembrar que para uma boa produtividade de grãos o suprimento adequado de nutrientes, inclusive de nitrogênio e fósforo, precisa ser garantido. Porém os produtores de arroz vermelho do Vale do Piancó não utilizam praticamente nenhum insumo para reposição do estoque de nutrientes do solo (PEREIRA, 2004).

A utilização do esterco é uma boa alternativa que pode ser adotada para o suprimento de nutrientes no solo, principalmente nitrogênio e fósforo (MENEZES e SALCEDO, 2007) e levando-se em consideração a disponibilidade de esterco nessa região, onde se concentra a criação de bovinos (40,15%) asininos (41,33%) e suínos (47,31%) (SOUSA e TARGINO, 2009), essa prática não seria difícil de ser adotada pelos produtores de arroz vermelho, tendo em vista a facilidade de acesso.

Considerando a deficiência hídrica, a presença de estresse propiciou uma maior produtividade de sementes, onde o tratamento com estresse hídrico foi 12% superior ao tratamento sem estresse. Os valores médios foram de 7,97 g.planta⁻¹ na presença de estresse e, 7,09 g.planta⁻¹ quando na ausência de estresse hídrico, diferindo-se estatisticamente pelo teste de Scott-Knott com 95% de confiança, como demonstra a figura 4.

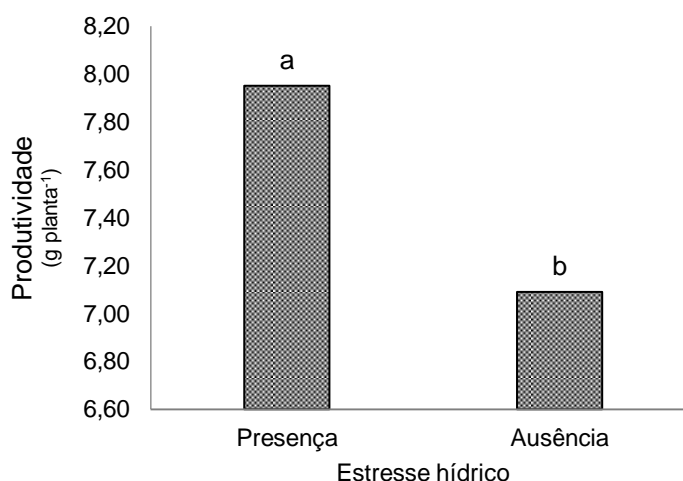


Figura 4 - Produtividade de sementes de arroz vermelho cultivadas em Neossolo Flúvico, em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Estes valores são diferentes dos resultados obtidos por Silva (2012), que trabalhando com diversos genótipos de arroz submetidos à deficiência hídrica, 50% da capacidade de vaso, verificou que o estresse hídrico reduziu a produtividade de grãos de todos os genótipos. A produtividade média do tratamento com deficiência hídrica foi 55% inferior em relação ao tratamento sem deficiência hídrica.

Em situações de deficiência nutricional ou hídrica a resposta típica das plantas é a redução na quantidade de sementes produzidas. No entanto, a baixa produtividade observada neste trabalho se deve, possivelmente, às características intrínsecas das variedades.

4.2 Peso de 1000 sementes

A tabela 7 apresenta o resumo da análise de variância e coeficiente de variação do peso de 1000 sementes de arroz vermelho cultivado em Neossolo Flúvico com doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância do peso de 1000 sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Fontes de variação	GL	Peso de 1000 sementes
.....Quadrado médio.....		
Variedades (V)	2	731,88**
Estresse (E)	1	20,54**
Doses (D)	3	1,44--
E x V	2	6,89*
D x V	6	7,69 ^{ns}
D x E	3	6,38*
V x E x D	6	18,90**
Tratamentos	23	66,33**
Resíduo	168	0,75
Total	191	
CV(%)		2,68

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% pelo teste F respectivamente e -- não se aplica o teste de média

Embora a análise de regressão linear e quadrática obtidas para o peso de 1000 sementes em função das doses de esterco e nas condições de estresse hídrico, tenham sido significativas, elas apresentaram coeficientes de determinação muito baixos, evidenciando uma baixa associação entre eles, conforme demonstra a tabela 8.

Tabela 8 - Resumo da análise de regressão para peso de 1000 sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia-PB, 2013.

Estresse hídrico	Regressão	Peso de 1000 sementes		
		Variedades		
		Cáqui	Maranhão	MNA 902
Presença		Quadrado médio		
	Linear	3,33 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,04 ^{ns}
	Quadrática	1,24 ^{ns}	4,80 [*]	1,24 ^{ns}
	CV (%)	2,64	2,85	2,76
	R ²	-	0,15	-
Ausência		Quadrado médio		
	Linear	5,04 [*]	0,03 ^{ns}	2,52 [*]
	Quadrática	1,12 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,48 ^{ns}
	CV (%)	2,62	3,171	2,33
	R ²	0,21	-	0,23

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5 e 1% respectivamente pelo teste F.

Na tabela 9 estão dispostos os valores médios do peso de 1000 sementes das variedades Cáqui, Maranhão e MNA902 em função das doses de esterco e condições de estresse hídrico.

Tabela 9 - Peso de 1000 sementes de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Doses (t.ha ⁻¹)	Estresse hídrico	Peso de 1000 sementes (g)		
		Variedades		
		Cáqui	Maranhão	MNA 902
0	Presença	34,44 aA	33,95 aB	28,06 bC
	Ausência	33,86 aA	34,31 aA	29,10 aB
4	Presença	34,78 aA	33,19 bB	27,90 bC
	Ausência	34,26 aA	35,11 aA	28,55 aB
8	Presença	34,14 bA	33,99 aA	27,48 bB
	Ausência	35,11 aA	34,58 aA	28,83 aB
12	Presença	33,69 bA	34,15 aA	28,10 bB
	Ausência	34,76 aA	34,78 aA	29,69 aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, p<0,05.

Para a variedade Cáqui, nas doses 0 e 4 t.ha⁻¹, não houve diferença significativa entre a presença e ausência de estresse hídrico. Nas doses 8 e 12 t.ha⁻¹ as médias foram diferentes entre si, onde na o maior peso de 1000 sementes ocorreu na presença de estresse.

Na presença de estresse hídrico a variedade Cáqui foi superior às demais, apresentando diferenças estatísticas significativas. Porém, quando se aumentou as doses de

esterco para 8 e 12 t.ha⁻¹ as variedades Cáqui e Maranhão não se diferiram estatisticamente, tanto na presença quanto na ausência de estresse.

Percebe-se, pelos dados da tabela 9 que a variedade moderna MNA902 foi mais sensível aos efeitos da deficiência hídrica, apresentando os maiores peso de 1000 sementes na ausência de estresse.

É importante ressaltar que o peso de 1000 sementes é também influenciado pelas características intrínsecas da própria variedade, principalmente em relação ao tamanho, onde, variedades de grãos mais curtos podem ter massa de 1000 sementes inferior quando comparadas às variedades de grãos longos.

Os estudos de Silva (2012), com deficiências hídricas e diferentes genótipos de arroz, revelaram que os grãos do genótipo Guarani, que são mais longos, apresentaram massa de 1000 grãos superior ao das variedades IRRI 2 e IRRI 33 tanto na presença, quanto na ausência de estresse hídrico.

O mesmo foi observado neste trabalho, pois, as variedades Cáqui e Maranhão, possuem valores médios de comprimento, largura e espessura superiores aos da variedade melhorada, e devido a isso apresentaram a maior massa de 1000 sementes, variando entre 33,69 e 35,11g para a Cáqui, 33,95 a 35,11g para a variedade Maranhão, enquanto que a variedade melhorada MNA 902 apresentou valores médios entre 27,45 a 29,69 g (Tabela 9).

Estes valores assemelham-se aos obtidos por Pereira et al. (1994), que estudando sobre as respostas de cultivares tradicionais e melhoradas de arroz de sequeiro a diferentes níveis de umidade do solo encontrou valores médios do peso de 1000 grãos para as variedades Cáqui e Maranhão (Vermelho) correspondentes a 30,05 e 34,10 g respectivamente, quando a capacidade de vaso foi entre 60-70%, não havendo respostas significativas entre as demais faixas de umidade (70-80, 80-90 e 90-100%).

Silva (2012) verificou que a deficiência hídrica aumentou a massa de 1000 grãos do genótipo BRS Soberana, e que isto pode ter sido decorrente do ajuste na partição de fotoassimilados, uma vez que houve redução da fertilidade das espiguetas.

No entanto, estudos mostram que a deficiência hídrica causa menor transporte de carboidratos para o grão afetando sua massa (ARF et al., 2001; CRUSCIOL et al. 2001, 2002, 2006, 2012; RODRIGUES et al., 2004), principalmente, quando ocorre nos primeiros quatorze dias após o florescimento. Crusciol et al. (2002) relatou que a ausência do estresse hídrico aumentou a massa de mil sementes, confirmando o efeito negativo da deficiência hídrica sobre a massa de sementes.

4.3 Germinação (G) e primeira contagem de germinação (PCG)

A análise de variância dos dados revelou efeito significativo para germinação e primeira contagem de germinação somente na interação dose versus variedade (Tabela 10)

Tabela 10 - Resumo da análise de variância da germinação (G) e primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Fontes de Variação	GL	Variáveis analisadas	
		G	PCG
		Quadrado médio	
Variedades (V)	2	2,62 ^{ns}	0,67 ^{ns}
Estresse (E)	1	0,37 ^{ns}	1,04 ^{ns}
Doses (D)	3	2,04 ⁻⁻	4,37 ⁻⁻
E x V	2	0,12 ^{ns}	1,17 ^{ns}
D x V	6	4,29 ^{**}	9,00 ^{**}
D x E	3	1,26 ^{ns}	2,37 ^{ns}
V x E x D	6	0,35 ^{ns}	0,50 ^{ns}
Tratamentos	23	1,90 [*]	3,56 [*]
Resíduo	72	1,01	1,85
Total	95		
CV(%)		1,02	1,37

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% pelo teste F respectivamente e -- não se aplica o teste de média.

A tabela 11 apresenta o resumo da análise de regressão da germinação e primeira contagem de germinação.

Tabela 11 - Resumo da análise de regressão da germinação e primeira contagem de germinação de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia-PB, 2013.

	Variedades		
	Cáqui	Maranhão	MNA 902
	Germinação		
	Quadrado médio		
Regressão			
Linear	10,00 ^{**}	4,90 ^{**}	7,22 [*]
Quadrática	2,00 ^{ns}	2,00 ^{ns}	3,12 ^{ns}
CV (%)	0,98	0,77	1,15
R ²	0,30	0,29	0,22
	Primeira contagem		
	Quadrado médio		
Regressão			
Linear	9,02 [*]	24,02 ^{**}	2,02 ^{ns}
Quadrática	1,12 ^{ns}	15,12 [*]	1,12 ^{ns}
CV (%)	1,26	1,59	1,25
R ²	0,18	0,35	--

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5 e 1% respectivamente pelo teste F.

Os dados de germinação e primeira contagem não se ajustaram aos modelos quando de regressão, previsto pelos coeficientes de determinação que foram considerados muito baixos (Tabela 11).

Na tabela 12 verifica-se que, quanto à germinação, é possível separar as variedades em dois níveis de qualidade. As variedades Cáqui e MNA 902 obtiveram os menores percentuais de germinação nas respectivas doses 0 e 4 t.ha⁻¹, correspondendo a 98,75 e 98,25% de germinação para Cáqui e 98,00 e 90,00% de germinação para a variedade MNA902.

Tabela 12 - Teste de germinação e primeira contagem de germinação de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco. UFPB, Areia-PB, 2013.

Doses de esterco (t.ha ⁻¹)	Variedades		
	Cáqui	Maranhão	MNA 902
Germinação (%)			
0	98,75 B	99,75 A	98,00 B
4	98,25 B	100,0 A	99,00 B
8	99,50 A	99,50 A	99,50 A
12	100,0 A	99,25 A	99,75 A
Primeira contagem (%)			
0	98,50 A	99,50 A	98,50 A
4	97,75 B	99,25 A	99,25 A
8	99,50 A	99,75 A	99,25 A
12	99,50 A	96,75 B	99,25 A

Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, p<0,05.

Nas doses de esterco 8 e 12 t.ha⁻¹, não houve diferença significativa entre as variedades, observando-se, portanto, influência positiva com o aumento das doses, elevando-se o percentual de germinação para os valores 99,5 e 100% para a Cáqui e 99,5 e 98,75% para a variedade MNA 902, nas respectivas doses.

Segundo Teixeira et al. (2005) a disponibilidade de nutrientes influencia a formação do embrião favorecendo a qualidade fisiológica das sementes, fato também observado neste estudo, onde o uso de esterco aplicados ao solo como fonte de nutrientes, proporcionou aumento no percentual de germinação das variedades MNA 902 e Cáqui.

A qualidade das sementes é geralmente avaliada pelo teste de germinação, o qual determina o potencial máximo de um lote de sementes para formar plântulas normais em condições favoráveis, tendo como vantagem a metodologia padronizada e a possibilidade de repetição dos resultados (MARCOS FILHO, 1999). Apesar de sua ampla utilização, este teste apresenta limitações devido à demora na obtenção dos resultados e, frequentemente, os mesmos não garantem o desempenho em campo e no armazenamento (FRANCO; PERINI,

2002; BARBIERI et al, 2012), pois as condições para a sua realização podem superestimar o potencial fisiológico do lote.

Normalmente nos estados brasileiros produtores de arroz, o limite mínimo de germinação para comercialização de sementes é de 80%. A percentagem de germinação mínima para os estados da Bahia e Rio Grande do Sul é de 80%, para o estado do Ceará o percentual mínimo é de 85% de germinação. Verifica-se, portanto, que as sementes de arroz vermelho apresentaram médias muito superiores à mínima exigida. Porém, é importante lembrar que a perda da germinação é um indicativo importante da perda da qualidade, mas é a última consequência do evento final da deterioração e em muitos casos apesar dos lotes de sementes apresentarem percentual de germinação semelhantes, elas expressam desempenho distintos no campo. Por isso, juntamente com a germinação, o fator que determina um rápido e uniforme estabelecimento da população de plântulas do campo é o vigor, sendo considerado o atributo de qualidade que melhor expressa o desempenho da semente. Os testes de vigor tem por objetivo distinguir os níveis de qualidade fisiológica das sementes, que não são possíveis de detectar pelos testes de germinação (KRYZANOWSKY e FRANÇA NETO, 1999; MARCHEZAN et al., 2001; LIMA et al., 2005; ABREU et al., 2011).

Ressalta-se que a deterioração das sementes, diminui o vigor das mesmas e, portanto, resulta em sementes de menor qualidade fisiológica. No entanto, a deterioração ocorre de forma gradativa, manifestando nas sementes uma sequência de eventos de origem bioquímica ou fisiológica, tais como danificação aos sistemas de permeabilidade das membranas, o que figura entre os primeiros eventos da deterioração e tem fortes relações com o aumento na taxa respiratória dos tecidos, mudanças na atividade enzimática, redução de tecidos de reserva, queda na velocidade e na capacidade de germinação e diminuição no crescimento de plântulas normais (SANTOS et al., 2004).

Os resultados da primeira contagem de germinação permitiu separar os tratamentos em dois níveis de vigor para as variedades Cáqui e Maranhão. Com o aumento das doses de esterco, verifica-se um aumento do percentual de germinação, observado na primeira contagem para a Cáqui, enquanto que na Maranhão essa influência foi inversa, diminuindo-se o percentual da PCG na dose 12 t.ha⁻¹. Com relação à variedade MNA902, as diferentes doses de esterco no solo não proporcionaram diferenças significativas. As sementes da variedade Cáqui, produzidas com doses 0 e 4 t.ha⁻¹, e da variedade Maranhão, com a 8 t.ha⁻¹ foram consideradas de menor vigor. Com base nesse resultado, verifica-se que a germinação não é um teste muito sensível para estratificar lotes de sementes quanto à qualidade fisiológica, e

deste modo faz-se necessário o uso de outros testes de vigor de modo a efetivar o ranqueamento dos lotes.

4.4 Emergência de plântulas em campo

A tabela 13 apresenta o resumo da análise de variância da emergência de plântulas em campo das variedades de arroz vermelho produzidas com quatro doses de esterco e sob condições de estresse hídrico.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância da emergência de plântulas de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Fontes de variação	GL	Emergência de plântulasQuadrado médio.....
Variedades (V)	2	10,39 ^{ns}
Estresse (E)	1	0,37 ^{ns}
Doses (D)	3	4,57 ⁻⁻
E x V	2	11,84 ^{ns}
D x V	6	12,87 ^{ns}
D x E	3	12,57 ^{ns}
V x E x D	6	15,99 ^{ns}
Tratamentos	23	11,72 ^{ns}
Blocos	3	30,71 ^{ns}
Resíduo	69	8,48
Total	95	
CV(%)		2,98

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% pelo teste F respectivamente e -- não se aplica o teste de média.

Na emergência das plântulas em campo não foram identificadas diferenças estatísticas significativas, como observado na tabela 14, denotando-se que as sementes de todos os tratamentos apresentaram o mesmo desempenho em condições de campo.

Tabela 14 - Emergência de plântulas de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia-PB, 2013.

Dose (t.ha ⁻¹)	Emergência de plântulas (%)		
	Cáqui	Maranhão	MNA902
0	97,38 A	97,75 A	99,25 A
4	97,50 A	96,50 A	98,00 A
8	97,00 A	96,00 A	98,50 A
12	96,50 A	99,75 A	97,13 A

Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, p<0,05.

Deste modo, o principal desafio das pesquisas sobre testes de vigor está na identificação de parâmetros relacionados à deterioração de sementes, que precedam a perda da capacidade germinativa (MENDES et al., 2009; MARINI et al., 2012), fazendo-se necessário o uso de um maior número de testes de vigor.

4.5 Índice de velocidade de germinação (IVG)

A análise de variância detectou efeito significativo para o índice de velocidade de germinação na interação tripla e de forma isolada para os fatores avaliados, como mostra a tabela 15.

Tabela 15 - Resumo da análise de variância do índice de velocidade de germinação de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Fontes de variação	GL	Índice de velocidade de germinaçãoQuadrado médio.....
Variedades (V)	2	2,58 ^{**}
Estresse (E)	1	2,54 ^{**}
Doses (D)	3	1,65 ⁻⁻
E x V	2	0,59 ^{ns}
D x V	6	1,15 ^{**}
D x E	3	0,20 ^{ns}
V x E x D	6	0,62 [*]
Tratamentos	23	1,09 ^{**}
Resíduo	72	0,21
Total	95	
CV(%)		1,93

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% pelo teste F respectivamente e -- não se aplica o teste de média.

A tabela 16 apresenta o resumo da análise de regressão para o índice de velocidade de germinação.

Os valores de vigor, representado pelo IVG, das sementes da variedade Cáqui apresentaram tendência polinomial, ajustada ao modelo quadrático quando na presença de estresse e ajustada ao modelo linear quando produzidas na ausência de estresse. As variedades Maranhão e MNA902 não se ajustaram aos modelos de regressão (Tabela 16).

Tabela 16 - Resumo da análise de regressão do índice de velocidade de germinação das sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino. UFPB, Areia-PB, 2013.

Estresse hídrico	Regressão	IVG		
		Variedades		
		Cáqui	Maranhão	MNA 902
Presença		Quadrado médio		
	Linear	3,72 ^{**}	0,06 ^{ns}	0,94 ^{ns}
	Quadrática	0,84 [*]	0,21 ^{ns}	0,09 ^{ns}
	CV (%)	1,71	3,01	1,86
Ausência		Quadrado médio		
	Linear	3,00 ^{**}	0,04 ^{ns}	0,25 ^{ns}
	Quadrática	0,50 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,92 ^{ns}
	CV (%)	2,11	1,93	1,83

ns, **, * = não significativo, significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F respectivamente.

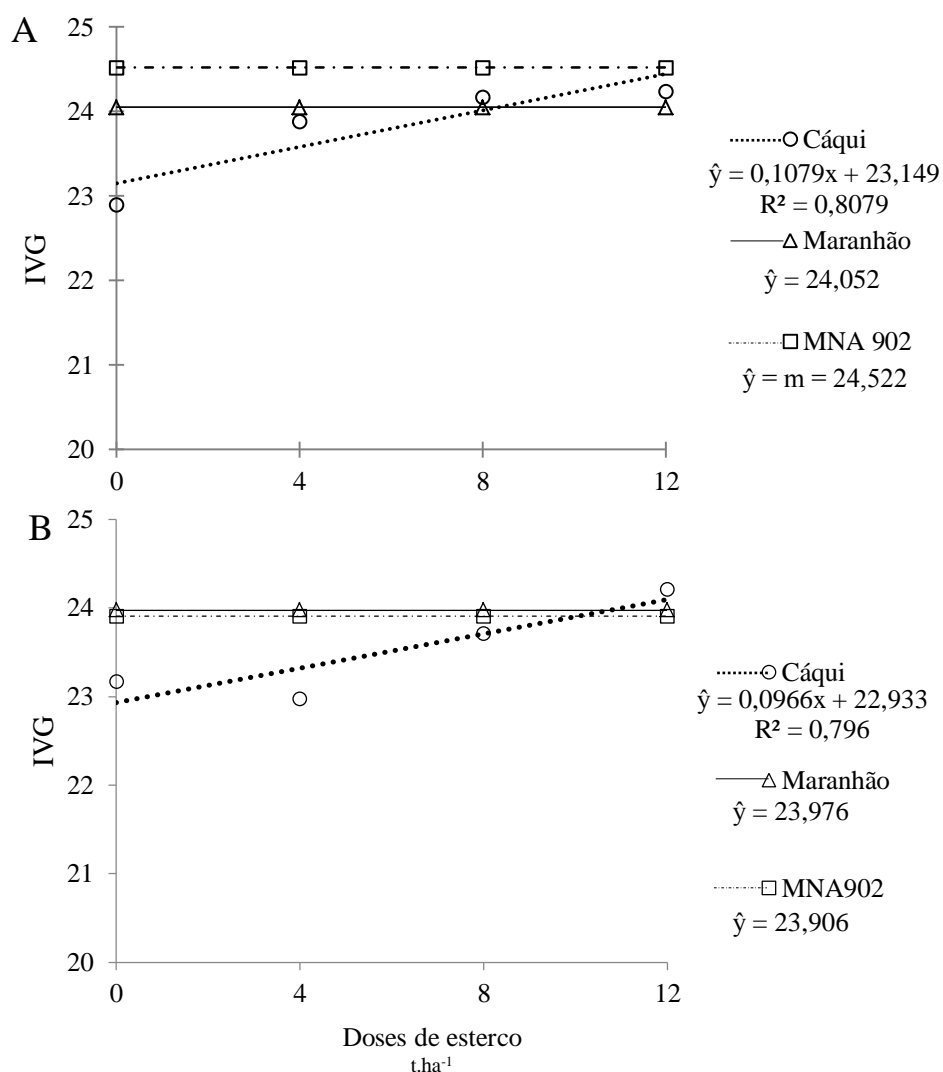


Figura 5 - Índice de velocidade de germinação de sementes de três variedades de arroz vermelho cultivadas em Neossolo Flúvico com quatro doses de esterco bovino, na presença (A) e ausência (B) de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Pelas linhas de tendência ajustadas aos dados para a variedade Cáqui é possível estimar que, na presença de estresse hídrico, o IVG máximo é alcançado entre as doses de esterco 8 e 12 t.ha⁻¹, já na ausência de estresse, na dose 12 t.ha⁻¹ as sementes apresentaram maior índice de velocidade de germinação, porém, doses maiores de esterco poderiam proporcionar maior IVG para esta variedade, tendo em vista o crescimento linear demonstrado na figura 5.

Pela tabela 17 é possível perceber que para a variedade Maranhão os valores do IVG não diferiram entre si tanto em condição de estresse quanto na ausência deste. As variedades Cáqui e MNA902 apresentaram um comportamento semelhante, onde as maiores doses de esterco (8 e 12 t.ha⁻¹), independente do estresse hídrico, aumentaram o IVG dessas variedades, demonstrando que a adubação com matéria orgânica, via esterco bovino foi capaz de proporcionar elevação no vigor das sementes de arroz vermelho dessas variedades.

Tabela 17 - Índice de velocidade de germinação de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Doses (t.ha ⁻¹)	Estresse hídrico	IVG		
		Variedades		
		Cáqui	Maranhão	MNA 902
0	Presença	22,89 aB	24,25 aA	24,06 aB
	Ausência	23,17 aB	23,88 aA	23,92 aB
4	Presença	23,88 aA	23,29 aB	23,79 aA
	Ausência	22,96 bB	24,02 aA	23,54 aA
8	Presença	24,17 aB	24,58 aA	24,67 aA
	Ausência	23,71 aA	24,39 aA	24,52 aA
12	Presença	24,24 aA	23,60 aB	24,37 aA
	Ausência	24,21 aA	24,04 aA	24,83 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, p<0,05.

4.6 Massa seca de plântulas

A tabela 18 apresenta o resumo da análise de variância para a produção de massa seca de plântulas de arroz vermelho.

Verifica-se que as variedades apresentaram diferenças significativas individualmente assim como a interação entre todos os fatores, e, portanto, foram submetidos à análise de regressão.

Apesar da interação entre os fatores ter sido significativa, as variedades estudadas não se ajustaram aos modelos de regressão, como demonstra a tabela 19.

Tabela 18 - Resumo da análise de variância da massa seca de plântulas de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Fontes de variação	GL	Massa seca de plântulas
.....Quadrado médio.....		
Variedades (V)	2	76,23 ^{**}
Estresse (E)	1	0,03 ^{ns}
Doses (D)	3	0,11 ⁻⁻
E x V	2	0,66 ^{**}
D x V	6	1,02 ^{**}
D x E	3	0,33 [*]
V x E x D	6	0,26 [*]
Tratamentos	23	7,08 ^{**}
Resíduo	168	0,08
Total	191	
CV(%)		2,68

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% pelo teste F respectivamente e -- não se aplica o teste de média.

Tabela 19 - Resumo da análise de regressão da massa seca de plântulas de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Massa seca de plântulas				
Estresse hídrico	Regressão	Variedades		
		Cáqui	Maranhão	MNA 902
Presença		Quadrado médio		
	Linear	0,04 ^{ns}	1,81 ^{ns}	0,06 ^{ns}
	Quadrática	0,31 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	CV (%)	2,54	4,50	3,044
Ausência		Quadrado médio		
	Linear	0,14 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,13 ^{ns}
	Quadrática	0,41 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,14 ^{ns}
	CV (%)	2,75	2,78	1,64

ns, **, * = não significativo, significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F respectivamente.

Os valores médios obtidos para a massa seca de plântulas de arroz vermelho estão dispostos na tabela 20. A variedade Cáqui, nas doses 0 e 4 t.ha⁻¹ teve incremento na produção de massa seca, quando na ausência de estresse. Na dose 12 t.ha⁻¹, o estresse hídrico não influenciou na massa seca, porém na dose 8 t.ha⁻¹ os valores foram semelhantes aos das doses 0 e 4 t.ha⁻¹ na presença de estresse, obtendo-se os menores valores de massa seca.

Tabela 20 - Massa seca de plântulas de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Doses (t.ha ⁻¹)	Estresse	Massa seca de plântulas (mg.plântula ⁻¹)		
		Variedades		
		Cáqui	Maranhão	MNA902
0	Presença	13,72 aB	14,39 aA	10,88 aC
	Ausência	13,88 aA	13,40 bA	11,16 aB
4	Presença	13,59 bA	13,27 aB	10,86 aC
	Ausência	14,21 aA	13,31 aB	11,31 aC
8	Presença	13,49 aB	14,16 aA	10,57 bC
	Ausência	13,35 aA	13,85 aA	11,23 aB
12	Presença	13,91 aA	13,09 aB	10,89 bC
	Ausência	13,89 aA	13,20 aA	11,20 aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, $p < 0,05$.

Para variedade Maranhão os maiores valores de massa seca foram obtidos com a dose 8 t.ha⁻¹ independente do estresse hídrico, e na dose zero, na presença de estresse. A variedade MNA902 teve um comportamento diferenciado na produção de massa seca, onde está explícita uma relação inversa da variedade com o estresse hídrico, pois os maiores valores de massa seca, entre 11,20 e 11,31 mg.plântula⁻¹. Os valores médios de massa seca, quando na condição de estresse hídrico, variaram de 10,57 a 10,88 mg.plântula⁻¹, não diferindo-se entre si. Esse comportamento é semelhante ao observado no peso de 1000 sementes.

O comportamento diferenciado da variedade MNA902 quanto ao fator estresse hídrico pode estar relacionado com as características genéticas da própria variedade quanto a tolerância à deficiência hídrica, com as várias características agronômicas, mecanismos de resistências e vias de sinalização fisiológicas das plantas, como redução no ciclo, plasticidade no desenvolvimento, absorção ou perda de água e capacidade antioxidante (YUE et al., 2008).

4.7 Condutividade elétrica massal

A análise de variância dos dados revelou efeito significativo em todos os parâmetros avaliados, como mostra a tabela 21.

Quando submetida à análise de regressão, observa-se na tabela 22, que a variedade Cáqui não se ajustou a nenhum dos modelos de regressão tanto na presença quanto na ausência de estresse hídrico.

Tabela 21 - Resumo da análise de variância da condutividade elétrica massal de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Fontes de variação	GL	Condutividade elétrica massal
.....Quadrado médio.....		
Variedades (V)	2	338,40 ^{**}
Estresse (E)	1	173,80 ^{**}
Doses (D)	3	20,40 ⁻⁻
E x V	2	271,60 ^{**}
D x V	6	49,90 ^{**}
D x E	3	6,40 ^{**}
V x E x D	6	54,10 ^{**}
Tratamentos	23	91,20 ^{**}
Resíduo	168	0,70
Total	191	
CV(%)		1,95

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% pelo teste F respectivamente e -- não se aplica o teste de média.

Tabela 22 - Resumo da análise de regressão para condutividade elétrica massal de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Estresse	Regressão	Condutividade elétrica		
		Cáqui	Maranhão	MNAPB902
Presença	Quadrado médio.....		
	Linear	6,00 ^{ns}	22,80 ^{**}	0,11 ^{ns}
	Quadrática	0,60 ^{ns}	5,30 ^{ns}	5,43 ^{**}
	CV (%)	3,05	3,14	1,47
Ausência	Quadrado médio.....		
	Linear	0,15 ^{ns}	236,81 ^{**}	135,85 ^{**}
	Quadrática	1,32 ^{ns}	16,65 [*]	71,44 ^{**}
	CV (%)	6,61	3,05	4,74

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% pelo teste F.

A variedade Maranhão se ajustou ao modelo quadrático somente na ausência de estresse. A condutividade elétrica da massa de sementes da variedade MNA902 ajustou-se ao modelo linear e quadrático na presença de estresse e ao modelo quadrático na ausência de estresse hídrico.

Na presença de estresse hídrico, o padrão de CE da massa de sementes da variedade MNA902 apresentou o mesmo comportamento da massa de sementes proveniente do tratamento sem estresse hídrico (figuras 6A e 6B). A CE apresentou tendência polinomial crescente com a elevação das doses, a partir de 5,7 e 3,5 t.ha⁻¹, na presença e ausência de

estresse hídrico respectivamente, o que significa dizer, que reduziu a qualidade fisiológica das sementes.

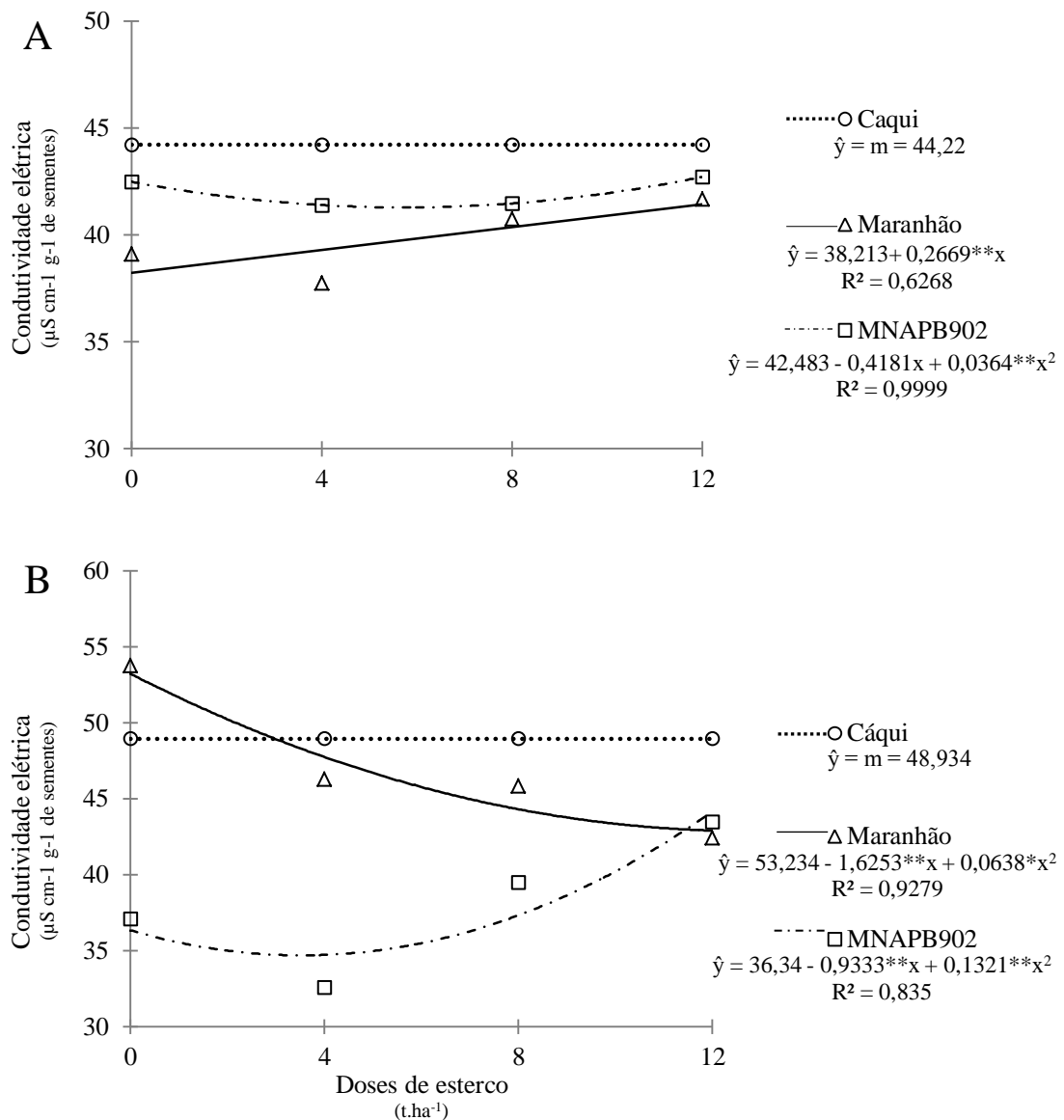


Figura 6 - Condutividade elétrica massal de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e na presença (A) e ausência (B) de estresse hídrico. UFPB, Areia, PB, 2013.

Na ausência de estresse a variedade Maranhão demonstrou um comportamento polinomial decrescente, onde as maiores doses de adubação orgânica influenciou positivamente na qualidade fisiológica das sementes desta variedade, pois, a CE é reduzida drasticamente com a elevação das doses de esterco, apresentando valor de CE de $42,41 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente na dose 12 t.ha^{-1} , enquanto que na dose zero o valor de CE foi de $52,21 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente (Figura 6B).

Os valores médios de CE dos fatores isolados e da interação entre eles estão apresentados na tabela 23. A variedade Cáqui apresentou maior CE ($46,59 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$), seguida da Maranhão ($44,31 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) e por último a MNA 902 ($39,19 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$). Nas doses 0 e 12 t.ha^{-1} , as sementes de arroz vermelho apresentaram as maiores médias de CE, correspondendo a $44,23$ e $44,08 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente respectivamente.

Observando a tabela 23, percebe-se que os maiores valores de CE foram obtidos quando a produção de sementes foi realizada na ausência de estresse hídrico, ou seja, a presença de estresse hídrico melhorou a qualidade das sementes.

Tabela 23 - Condutividade elétrica massal de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condição de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)				
Doses (t ha^{-1})	Estresse	Variedades		
		Cáqui	Maranhão	MNA902
0	Presença	44,89bB	39,11bA	42,48aC
	Ausência	48,11aA	53,73aC	37,05bB
4	Presença	45,33bA	37,74bB	41,38aC
	Ausência	52,43aA	46,26aC	32,57bB
8	Presença	42,73bA	40,74bA	41,47aB
	Ausência	44,86aA	45,80aB	39,47bB
12	Presença	43,93bA	41,67aB	42,71aB
	Ausência	50,33aA	42,42aB	43,44aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, $p < 0,05$.

De acordo com Silva e Martins (2009), para que o teste de condutividade seja eficiente, é preciso que apresente correlação com a percentagem de emergência das plântulas em campo. Porém, as sementes de arroz vermelho apresentaram desempenho semelhante na emergência a campo, independentemente da variedade, e dos demais tratamentos, indicando que as mesmas apresentam-se com o mesmo nível de qualidade fisiológica. Tais resultados podem ser justificados pelo fato de que, a emergência a campo não pode detectar os primeiros sinais de deterioração das sementes, como os danos de membrana, o que denota a importância do teste de condutividade, pois, este é um teste mais sutil, capaz identificar os sinais de deterioração a nível de membrana.

Os resultados mostraram que as variedades Cáqui e Maranhão apresentaram os maiores valores de condutividade elétrica $48,22$ e $47,05 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente, quando na

ausência de estresse hídrico, enquanto que a variedade MNA902 apresentou maior valor de CE na presença de estresse, correspondendo a 42,01 e 38,14 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente, na presença e ausência de estresse hídrico respectivamente. Isto significa que para esta variedade, a presença desse tipo de estresse diminuiu a qualidade fisiológica das sementes, enquanto que para as demais variedades o comportamento foi inverso, ou seja, as sementes demonstraram ter melhor qualidade fisiológica, quando produzidas na ausência de estresse hídrico.

Crusciol et al. (1999), avaliando o efeito da adubação mineral e de lâminas de água na qualidade fisiológica de sementes de arroz, observaram menor vigor de sementes, pelo teste de condutividade elétrica em cultivo com menor disponibilidade hídrica.

Os fatores variedade e estresse hídrico apresentaram efeitos de forma isolada. A variedade Cáqui apresentou a maior média de condutividade elétrica, enquanto que a variedade MNA902 obteve o menor valor médio de CE, correspondendo a 46,58 e 40,07 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente respectivamente.

Souza et al. (2005), trabalhando com sementes de arroz produzidas na região de Matupá em Mato Grosso, observou menores valores de condutividade elétrica para as sementes com percentual de germinação de 99%, cujos valores variavam entre 72,45 e 83,69 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Barbieri et al (2012) avaliando-se a eficiência dos testes de membranas encontrou valores de CE para lotes da cultivar Irga 424 variando de 17,69 a 31,73 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, onde os menores valores de condutividade foram obtidos para as sementes com maior percentual de germinação (94%).

As diferenças nos resultados de CE evidencia que, dentro de uma mesma espécie existe a influência do genótipo, e que os valores altos de condutividade elétrica de uma cultivar podem estar relacionado às características do tegumento e outras estruturas que envolvem as sementes.

A estrutura utilizada como semente de arroz é um fruto denominado cariopse, o qual contém um pericarpo fortemente aderido ao embrião e as substâncias de reserva, além de restos de estruturas florais, lema e pálea, vulgarmente chamadas de casca. O conjunto de estruturas que envolvem a semente propriamente dita exerce influência no processo de lixiviação e em consequência na condutividade elétrica (BARBIERI et al.,2012).

Segundo Vieira (1994) a metodologia do teste de condutividade elétrica deve ser ajustada para cada espécie, pois inúmeros fatores podem afetar seus resultados, tais como, qualidade da água, temperatura de hidratação, duração do período de imersão, grau de umidade, número de sementes testadas e genótipo. A duração do período de imersão das

sementes tem efeito marcante na capacidade do teste distinguir diferenças de qualidade entre os lotes de uma mesma cultivar.

Na maioria dos trabalhos encontrados na literatura o teste de condutividade elétrica recomendado é por um período de imersão de 24 horas. No entanto Barbieri (2011), estudando a qualidade fisiológica de sementes de dois genótipos de arroz branco observou que para a cultivar IRGA 424 a condição mais adequada para a realização do teste foi por um período de 2 a 8 horas.

4.8 Lixiviação de potássio

A análise de variância dos dados revelou efeito significativo em todos os parâmetros avaliados, como mostra a tabela 24.

Tabela 24 - Resumo da análise de variância da lixiviação de potássio de sementes três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Fontes de variação	GL	Lixiviação de potássio
	Quadrado médio.....
Variedades (V)	2	9091,00**
Estresse (E)	1	33230,00**
Doses (D)	3	1380,00--
E x V	2	12963,00**
D x V	6	1360,00**
D x E	3	1197,00**
V x E x D	6	4578,00**
Tratamentos	23	5248,00**
Resíduo	168	123,90
Total	191	
CV(%)		4,03

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% pelo teste F respectivamente e -- não se aplica o teste de média.

A análise de regressão mostrou que todas as variedades se ajustaram aos modelos regressão, exceto a cultivar Cáqui, na ausência de estresse hídrico, como mostra a tabela 25.

Na figura 7A, quando em condição de estresse, observa-se que a variedade Cáqui apresentou um comportamento polinomial decrescente, enquanto que na MNA902 essa tendência foi crescente. Os valores de lixiviados de potássio da variedade Maranhão diminuíram linearmente com o aumento das doses de esterco aplicadas no solo.

Tabela 25 - Resumo da análise de regressão da lixiviação de potássio de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, em função de quatro doses de esterco e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Lixiviação de potássio				
Estresse hídrico	Regressão	Variedades		
		Cáqui	Maranhão	MNA 902
Presença		Quadrado médio		
	Linear	6,99 ^{ns}	7384,82 ^{**}	62,47 ^{ns}
	Quadrática	515,13 [*]	33,49 ^{ns}	391,32 ^{**}
	CV (%)	2,71	5,388	2,444
Ausência		Quadrado médio		
	Linear	607,97 ^{ns}	20609,02 ^{**}	6262,32 ^{**}
	Quadrática	90,5 ^{ns}	283,69 ^{ns}	1488,61 ^{**}
	CV (%)	5,36	4,73	4,19

ns, *, ** = não significativo, significativo a 5% e significativo a 1% pelo teste F.

Através da figura 7B, é possível observar que o valor médio de íons de potássio lixiviados da variedade Cáqui foi de 279,77 mg.kg⁻¹ de semente. A variedade Maranhão, porém, aumentou linearmente a quantidade de íons lixiviados com o aumento sucessivo das doses de esterco. Já a variedade MNA902 apresentou comportamento semelhante ao observado na presença de estresse, com tendência polinomial crescente da quantidade de íons de potássio lixiviados.

Observa-se, portanto, que na ausência de estresse hídrico, nas maiores quantidades de esterco aplicado ao solo, houve o aumento na quantidade de potássio lixiviado. Estabelecendo-se uma relação com a condutividade elétrica é possível perceber que a variedade MNA902 apresentou um comportamento similar, com tendência polinomial, ajustada ao modelo quadrático crescente, onde as maiores doses de esterco proporcionaram aumento na quantidade de lixiviados totais e de íons K⁺.

O processo de deterioração tem como consequência inicial a desestruturação do sistema de membranas celulares, através da ação de radicais livres (CARVALHO, 1994; BARBIERI et al., 2012), que promove o descontrole do metabolismo e das trocas de água e solutos entre as células e o meio exterior, com reflexos sobre a qualidade fisiológica das sementes (ALVES et al., 2004).

A organização das membranas celulares é máxima na maturidade fisiológica, assim como a qualidade das sementes (SARAVIA et al., 2007). À medida que as sementes perdem água, ocorre uma desorganização das membranas celulares e o nível de qualidade começa a decrescer em consequência de diversos fatores, tais como: extremos de temperatura e umidade

durante a maturação, deficiências nutricionais, além de técnicas inadequadas de secagem, beneficiamento e armazenamento (CARVALHO et al., 2006).

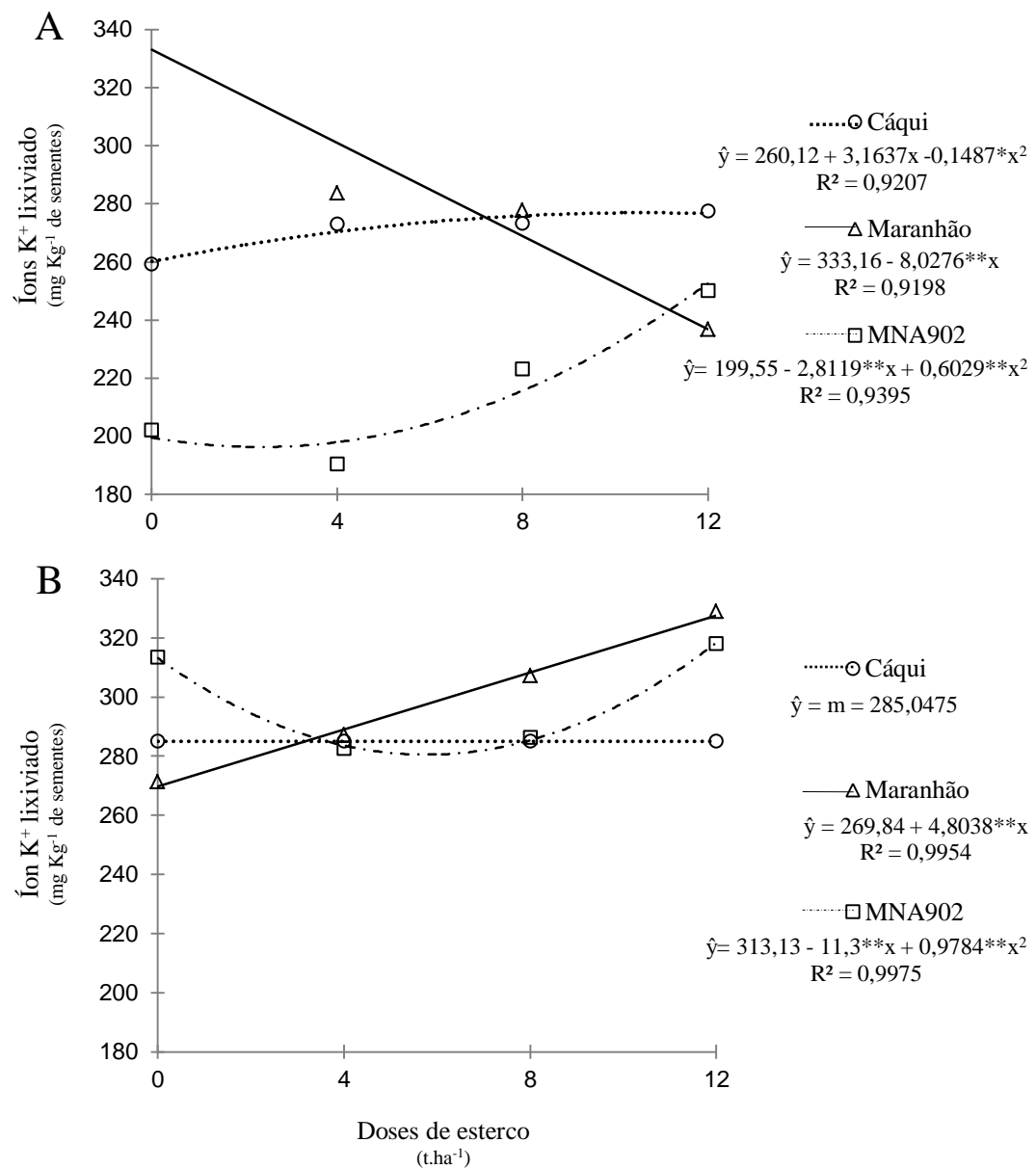


Figura 7 - Lixiviação de potássio de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino, na presença (A) e ausência (B) de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

A elevada lixiviação de solutos das sementes é a primeira consequência da redução do vigor das sementes de um lote, causada pela deterioração e por danos de embebição, os quais interagem entre si, pois sementes mais deterioradas são mais susceptíveis a danos de embebição e, conseqüentemente, ao aumento de lixiviados na água de imersão (MATTHEWS

e POWELL, 2006) principalmente do íon K^+ , que é o cátion que está em maior concentração nas membranas e mais disponível nas células vegetais (TAIZ E ZEIGER, 2009).

Na tabela 26 estão dispostos os valores médios obtidos para a lixiviação de potássio das sementes das variedades de arroz vermelho produzidas em condições de estresse hídrico. Observa-se que as variedades Cáqui e MNA902 não apresentaram diferenças significativas sob qualquer uma das condições hídricas. Para a variedade Maranhão a presença de estresse hídrico promoveu aumento no conteúdo de íons K^+ lixiviados, correspondendo a 299,51 e 284,15 $mg.Kg^{-1}$ de semente.

As variedades Cáqui e MNA902 apresentaram maior quantidade de íons lixiviados nas doses 8 e 12 $t.ha^{-1}$.

Tabela 26 – Lixiviação de potássio de sementes de três variedades de arroz vermelho, cultivadas em Neossolo Flúvico, com quatro doses de esterco bovino e em condições de estresse hídrico. UFPB, Areia-PB, 2013.

Lixiviação de potássio ($mg.kg^{-1}$ de semente)				
Doses ($t.ha^{-1}$)	Estresse	Variedades		
		Cáqui	Maranhão	MNA902
0	Presença	291,71aB	271,39bC	313,49aA
	Ausência	259,25bB	341,72aA	202,04bC
4	Presença	279,36aA	287,28aA	282,52aA
	Ausência	272,99aA	283,79aA	190,45bB
8	Presença	279,38aB	307,15aA	286,42aB
	Ausência	273,31 aA	277,77aA	223,13bB
12	Presença	289,73aB	328,82aA	318,07aA
	Ausência	277,53aA	236,69bB	250,12bB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, $p < 0,05$.

Uma matriz sinóptica foi elaborada para facilitar a interpretação dos resultados obtidos sobre a influência que o esterco bovino e o estresse hídrico imprimem na qualidade fisiológica das sementes de arroz vermelho das variedades Caqui, Maranhão e MNA 902.

Trat.	EPC			P1000			G			PCG			IVG			MSP			CEM			LK		
	Variedades																							
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Esterco	ni	ni	ni	ni	ni	ni	+	ni	+	+	-	ni	+	ni	+	ni	ni	ni	+	+	-	-	-	-
Estresse	ni	ni	ni	ni	-	-	ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni	+	-	+	+	-	ni	-	ni

A, B, C: Cáqui, Maranhão e MNA 902 respectivamente; ni: não influenciou; +: influenciou positivamente; -: influenciou negativamente.

Figura 8 - Matriz sinóptica da influência da adubação orgânica com esterco bovino e do estresse hídrico na emergência de plântulas em campo (EPC) peso de mil sementes (P1000), germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), massa seca de plântulas (MSP), condutividade elétrica massal (CEM) e lixiviação de potássio (LK). UFPB, Areia-PB, 2013.

Analisando-se a figura 8 é possível perceber que para a variedade Cáqui (A), as doses de esterco influenciaram positivamente a germinação, primeira contagem de germinação, IVG e a condutividade elétrica, revelando que este tipo de adubação influenciou na melhoria da qualidade fisiológica das sementes desta variedade.

No teste de lixiviação de potássio ocorreu influência negativa, ou seja, o aumento sucessivo das doses proporcionou, aumento na quantidade de lixiviados. Para a variedade Maranhão (B) as doses de esterco influenciaram negativamente os testes de primeira contagem e lixiviação de potássio, enquanto que no teste de CE essa influência foi positiva, havendo discordância entre os resultados.

Na variedade MNA902 (C), o esterco bovino aumentou a germinação e o IVG, no entanto observou-se interferência negativa das doses de esterco tanto no teste de CE quanto no de LK, ou seja, esse fator contribuiu para diminuir a qualidade fisiológica das sementes, tendo em vista que os resultados dos testes de integridade de membranas foram concordantes.

Quanto ao estresse, observa-se que a cultivar Caqui não sofreu influência negativa deste fator. Só foi observada uma interferência positiva na CE. Neste caso, a presença de estresse hídrico melhorou a qualidade das sementes desta variedade. Isto pode estar relacionado ao fato da variedade vir sendo cultivada ao longo do tempo em regiões semiáridas, onde a precipitação é irregular e por isso a deficiência hídrica e consequentemente o estresse torna-se uma condição natural. Na variedade Maranhão, o estresse hídrico influenciou negativamente tanto no peso de 1000 sementes quanto na lixiviação de potássio. No entanto, a massa seca e a CE foram influenciadas positivamente, havendo mais uma vez discordância entre os testes. Na variedade MNA 902, a presença de estresse hídrico interferiu na qualidade das sementes, quando observados os parâmetros peso de 1000 sementes, massa seca e condutividade elétrica.

O teste de lixiviação de potássio não apresentou concordância com o teste de e CE para as variedades Cáqui e Maranhão. A discordância entre os testes sugere, justamente, a necessidade de realização do maior número possível de testes de vigor, antes de classificar os tratamentos ou lotes quanto à qualidade fisiológica, pois cada teste de um princípio diferente e fornece informações complementares.

5 CONCLUSÕES

Nas condições do experimento a cultivar melhorada MNA 902 apresentou maior capacidade produtiva que as variedades tradicionais Cáqui e Maranhão;

A produtividade máxima de sementes de arroz vermelho das variedades Caqui, Maranhão e MNA 902 pode ser obtida com doses de esterco superiores a 12 t ha⁻¹. No entanto, a qualidade fisiológica da MNA 902 diminuiu com a referida dose;

A presença de esterco melhorou a qualidade fisiológica das sementes da variedade Cáqui e portanto, recomenda-se a adubação orgânica via esterco bovino para aumentar a produtividade e melhorar a qualidades das sementes produzidas;

A presença de estresse hídrico diminuiu a qualidade fisiológica das sementes de arroz vermelho da variedade MNA 902;

Dentre os testes de vigor, houve discordância nos resultados de condutividade elétrica e lixiviação de potássio das variedades Caqui e Maranhão, o que sugere a necessidade de padronização da metodologia.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. S. L., CARVALHO, M. L. M. de, PINTO, C. A. G., KATAOKA, V. Y. Teste de condutividade elétrica na avaliação de sementes de girassol armazenadas sob diferentes temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 33, nº 4 p. 635 - 642, 2011.
- ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. P.; BRUNO, R. L. A.; SADER, R.; ALVES, A. U. Rendimento e qualidade fisiológica de sementes de coentro cultivado com adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 132-137, 2005.
- ALVES, Elza et al. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons e de proteínas solúveis em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes** [online]. 2004, vol.26, n.2, pp. 119-125.
- ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M. E. de; CRUSCIOL, C.A.C. Resposta de genótipos de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n. 6, p. 871-879, jun, 2001.
- BARBIERI, A. P. P.; MENEZES, N. L.; CONCEIÇÃO, G. M.; TUNES, L. M. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 117-124, 2012.
- BYRUM, J. R. e COPELAND, L. O. Variability in vigour testing of maize (*Zea mays* L.) seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.23, n. 2, p. 543-549, 1995.
- BAUDET, L. Armazenamento de sementes de arroz irrigado. In.: PESKE, S.T.; Schuch, L.O.B.; BARROS, A.C.S.A. **Produção de sementes de arroz irrigado**. 2004. p.481-498.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.
- BILIA, D. A. C.; FANCELLI, A. L.; MARCOS FILHO, J.; MACHADO, J. Comportamento de sementes de milho híbrido durante o armazenamento sob condições variáveis de temperatura e umidade relativa do ar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, 51 (1): 157-167. 1994.
- BORGES, S. R. S., OLIVEIRA, M. R. T. de, ARAÚJO, W. P., SILVA, E. M. da, SOARES, C. D. F. Proposição de um modelo para a cadeia produtiva do arroz vermelho da paraíba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.4, p.353-362, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p. http://www.agricultura.gov.br/images/MAPA/arquivos_portal/ACS/sementes_web.pdf.
- BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. 161p.

BYRUM, J. R. e COPELAND, L. O. Variability in vigour testing of maize (*Zea mays* L.) seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.23, n. 2, p. 543-549, 1995.

CARVALHO, M. L. M.; SILVA, W. R. (1994) Refrigeração e qualidade de sementes de milho armazenadas em pilhas com diferentes embalagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 29 (9): 329 - 332.

CARVALHO, P. G de. Efeitos do nitrogênio no crescimento e no metabolismo de frutanos em *Vernonia herbácea* (Vell.). Piracicaba, 2005. 101 p.:il. (Dissertação) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CASAROLI, Derblai and JONG VAN LIER, Quirijn de. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. 2008, vol.32, n.1, pp. 59-66.

CHAPIN, F. S. III. The mineral nutrition of wild plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.11, p. 233-260, 1980.

COUTO, F.C. 1988. **A cultura do trigo**. Editora Tecnoprint S.A., p. 13-14.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; ARF, O.; MATEUS, G. P. Yield of upland rice genotypes in rainfed and sprinkler-irrigated systems in the Cerrado region of Brazil. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v.46, p.1515-1520, 2006.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, R.A.F. Produtividade e qualidade industrial de grãos de arroz de terras altas em função das lâminas de água no sistema irrigado por aspersão. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1 p. 125 – 130, 2003c.

Crusciol et al. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de duas cultivares de arroz de terras altas em dois sistemas de cultivo. **Maringá**, v. 24, n. 5, p. 1569-1574, 2002.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Efeito de lâminas de água na produtividade e na qualidade fisiológica de sementes de arroz (*Oriza sativa* L.) com irrigação por aspersão. Inf. **ABRATES**, Brasília, v.9, n.1/2, p.56, 1999.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Teste de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. Condutividade elétrica. Informativo **ABRATES**, v.5, n.1, p.26-36, 1995.

DINIZ, I. A. Cultivo de feijão guandu (*Cajanus cajan*) em solo salinizado tratado com matéria orgânica e drenagem. 1995. 50f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1999.

DORNBOS, D.L. et al. Drought stress effects during seed fill on soybean seed germination and vigor. **Crop Sci.**, Madison, v.29, n.2, p.476-480, 1989.

ELIAS, M.C. Efeitos da espera para secagem e do tempo de armazenamento na qualidade das sementes e grãos do arroz irrigado. Pelotas, 1998. 164f. Tese (Doutorado em Ciência e

Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 1998.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2º ed. Brasília, 2006. 306p.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Adubação orgânica na produção do arroz. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=32930>>. Acesso em junho de 2012.

FAGERIA, N.K. Deficiência hídrica em arroz de cerrado e resposta ao fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.15, p.259-65, 1980.

FAO, Food Outlook, **Global Market Analysis**, Maio, 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/015/al989e/al989e00.pdf>>. Acesso em: dezembro de 2013.

FAROOQ, M. WAHID, A. KOBAYASHI, N. FUJITA. D. Basra SMA (2009) Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development** 29: 185-212.

FERGUSON, J. M. Perspective of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v. 17, n. 2, p. 110-120, 1993.

FIGLIOLIA, M. B., OLIVEIRA, E. C., PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. **Análise de sementes**. In: AGUIAR, I. B., PIÑA-RODRIGUES, F. C. M., FIGLIOLIA, M. B. (coord.). Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, 1993. P. 137-174.

FRANCO, D. F., PERINI, J. A. Testes de vigor em sementes de arroz. EMBRAPA Clima Temperado. **Comunicado técnico**, 68. Pelotas, RS, 2002.

GANG, X, M.; CHU, L. D.; MEI, L. J.; ZHU, Q. D. YAGI, K.; HOSEN, Y. Effects of organic manure application with Chemical fertilizers on nutrient absorption and yield of rice in Human of Southern China. **Agricultural Science in China**, v. 10.p. 1245-1251, 2008.

GIVELBERG, A.; HOROWITZ, M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Solute leakage from GRABE, D.F. Measurement of seed vigor. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 1, n. 2, p. 18-31, 1976.

GHASSEMI-GOLEZANI, K. et al. The effect of water limitation in the field on seed viability of rice as influenced by time of nitrogen application and time of harvest. **Agron. J.**, Madison, v.65, n.2, p.390-394, 1973.

GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B dos.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de.; STONE, L. F. Sistemas de Cultivo. In: SANTOS, A. B dos.; VIEIRA, N. R. de A. **A cultura do Arroz no Brasil** – 2. Ed. Ver. Ampl. Santo Antônio de Goiás: Editora Embrapa Arroz e Feijão, 2006(a). p. 53-96.

GUIMARÃES, C. M.; PRABHU, A. S. Adubação orgânica do arroz de terras altas: relacionamento com a Brusone, esterilidade de espiguetas e produtividade. **Comunicado técnico**, 42. Embrapa arroz e feijão, 2002.

HAMPTON, J.G., TEKRONY, B.M. (Ed.). Handbook of vigor methods. 3. ed. Zürich: **ISTA**, 1995. p.22-34.

HOPPE, J. M. **Produção de sementes e mudas florestais**. 2. ed. Santa Maria: [s.n.], 2004.388 p.

INFELD, J. A.; SILVEIRA Jr., P.; SANTOS, E.C. Rendimento de grãos inteiros em função da umidade na colheita de duas cultivares de arroz irrigado. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 13. Florianópolis, 1987, **Anais...** Florianópolis: EMPASC, p.361-368, 1987.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO – IPA. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**: 2ª aproximação. 3. Ed. Revisada/coordenado por Francisco José de Albuquerque Cavalcanti. Recife. 212p. il.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. Produção agrícola municipal: lavoura temporária. Disponível em:
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=251360&idtema=100&search=paraiba|santana-dos-garrotes|lavoura-temporaria-2011>> Acesso em: janeiro de 2014.

JUARCH, J. J. (2004) Influência do tamanho e forma na qualidade das sementes de milho durante o armazenamento. Tese (Mestrado em Agronomia) – Marechal Cândido Rondon – PR, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v.12, n.1, p.37-53,1988.

KEIGLEY, P.J.; MULLEN, R.E. Changes in soybean seed quality from high temperature during seed fill and maturation. **Crop Sci.**, Madison, v.26, n.5, p.1212-1216, 1986.

KIEHL, J.E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KRZYŻANOWSKY, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Testes de vigor em sementes. In: Encontro sobre avanços em tecnologia de sementes. Pelotas: FAEM/UFPel, 1999. 111p.

MACHADO, J.R. Desenvolvimento da planta e produtividade de grãos de populações de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por aspersão em função de épocas de cultivo. Botucatu, 1994. 237p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade de Estadual Paulista.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MARCHEZAN, E; MENEZES, N. L. de e SIQUEIRA, C. Al. Controle da qualidade das sementes de arroz irrigado utilizadas em Santa Maria/RS. **Cienc. Rural** [online]. 2001, vol.31, n.3, pp. 375-379. ISSN 0103-8478.

MARCHESINI, A.; ALLIEVI, L.; COMOTTI, E.; FERRARI, A. Long-term effects of quality-compost treatment on soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.106, n.2, p.253-261, 1988.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**. FEALQ. Piracicaba, 1987. 230p.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: **ABRATES**, 1999. p.1-21.

MARINI, P., MORAES, C. L., MARINI, N., MORAES, D. M. de, AMARANTE, L. do. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 43, n. 4, p. 722-730, out-dez, 2012.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity vigour test: physiological basis and use. **ISTA News Bulletin**, n. 131, p. 32-35, 2006.

MATSUSHIMA, S. **Crop science in rice: theory of yield determination and its application**. Tokyo: Fuji, 1970. 379p.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C.A.C.; GRASSI FILHO, H. Produção de massa seca e nutrição de genótipos de arroz de terras altas sob condição de déficit hídrico e adubação silicatada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 939-948, 2011.

MENDES, C. R. et al. Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 02, p. 171-176, 2009.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação da adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**, v.11, p.361-367, 2007.

MOREIRA, M.F., KLUGE, R.A. Arroz. In: CASTRO, P.R.C., KLUGE, R.A. (Eds.). **Ecofisiologia de cultivos anuais**. São Paulo: Nobel, 1999. P. 91-108.

MIYABAYASHI, T.; NONOMURA, K.; MORISHIMA, H.; KURATA, N. Genome size of twenty wild species of *Oryza* determined by flow cytometric and chromosome analyses. **Breeding Science**, v. 57, p. 73-78, 2007.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

NASCIMENTO, W.M.; DIAS, D.C.F.S.; FREITAS, R.A. Produção de sementes de pimentas. **Informe agropecuário: Cultivo da pimenta**, Belo Horizonte, v. 27, n.235, p.30-39, 2006.

NIJÊNSTEIN, H.; NYDAM, J.; DON, R.; MACGILL, C. Handbook on Moisture Determination, Basserdorf: **International Seed Testing Association ISTA**, 2007. 248p.

OLIVEIRA, A.P.; ALVES, E.U.; BRUNO, R.L.A.B.; BRUNO, G.B. Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.102-108, 2000.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity soybean soaked seeds. I - effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 621- 627, 1996.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, n. 3, p. 945 – 949, 1999.

PANTUWAN, G.; FUKAI, S.; COOPER, M., RAJATASEREEKUL, S.; O'TOOLE, J.C. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. I. Grain yield and yield components. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.73, p.153-168, 2002.

PEREIRA, J. A. SOBRINHO, J. T. BELTRÃO, N. E. M. Respostas de cultivares tradicionais e melhoradas de arroz de sequeiro a diferentes níveis de umidade. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.29, n.6, p.857-865, jun. 1994.

PEREIRA, J. A. **Cultura do arroz no Brasil**: subsídios para a sua história. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226p.

PEREIRA, J. A. **Arroz Vermelho Cultivado no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 90 p.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; CUTRIM, V. dos A.; RIBEIRO, V. Q. Produtividade de grãos e características culinárias do arroz branco e do vermelho nos Estados do Piauí e Ceará. In: Congresso brasileiro da cadeia produtiva de arroz, 2.; reunião nacional de pesquisa de arroz; 8., 2006, Brasília. **Anais...** [Santo Antônio de Goiás]: Embrapa Arroz e Feijão; Conab, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 196).

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; FONSECA, J. R.; RIBEIRO, V. Q. Potencial genético de rendimento e propriedades culinárias do arroz vermelho cultivado. **Caatinga**, v.20, p.43-48, 2007.

PEREIRA, J. A.; MORAIS, O. P. de; BRESEGHELLO, F. Análise da heterose de cruzamentos entre variedades de arroz vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p.1135-1142, 2008.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14ª ed. Piracicaba – SP: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. 477p.

PINTO, L.F.S.; LAUS NETO, L.A. & PAULETTO, E.A. Solos de várzea do sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A.S. & MAGALHÃES Jr., A.M. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.75-95.

PINHEIRO, B.S. et al. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, Brasília, v.20, n.1, p.85-87, 1985.

PORTO, B. H. C.; SEGATTO, E.; REZENDE, N. C.; MAGALHÃES, R; S.; MATEUS, J. S.; LACERDA, H. N.; MOREIRA, L. B. Potencial agrônômico do arroz vermelho em sistema de produção agroecológico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1042-1045, 2007.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

PRASERTSAK, A., FUKAI, S. Nitrogen availability and water stress interaction on rice growth and yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.52, p.249-60, 1997.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 8.ed. São Paulo: Nobel, 1985. 541p.

QUADROS, B. R. de, CORRÊA, C. V., MAGRO, F. O., Cardoso, A. I. I. Influência de composto orgânico e fósforo sobre sementes de alface. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2511-2518, 2012.

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (**Boletim técnico**, 100).

RODRIGUES, R. A. F.; SORATTO, R. P.; ARF, O. Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto, usando o tanque classe A. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n.3, p.546 – 556, set/dez, 2004.

SAMPAIO, N. V.; SAMPAIO, T. G.; DURAN, J. M. Avaliação da qualidade de sementes através da condutividade elétrica dos exsudatos de embebição. Informativo **ABRATES**, Curitiba, v. 5, n. 3, 1995.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 01, p. 110-119, 2004.

SARAVIA, C. T., PERES, W. B., RISSO, J.. Manejo da temperatura do ar na secagem intermitente de sementes de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 29, nº 2, p.23-27, 2007.

SILVA, A. C. L. Alterações bioquímicas, morfofisiológicas e produtivas em genótipos de arroz em dois regimes hídricos. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Botucatu: Universidade Estadual Paulista. 92 f. 2012.

SILVA, L. S. da, GRIEBELER, G., MOTERLE, D. F., BAYER, C., ZSCHORNACK, T. e POCOJESKI, E. Dinâmica da emissão de metano em solos sob cultivo de arroz irrigado no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:473-481, 2011.

SILVA, L. B., MARTINS, C. C.. Teste de condutividade elétrica para sementes de mamoeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, suplemento 1, p. 1043-1050, 2009.

SILVA, F. A. S. e AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SIMON, E. W.; RAJA HARUN, R. M. Leakage during seed imbibition. *Journal of Experimental Botany*, v. 23, n. 77, p. 1076-1085. 1972.

SOUZA, L. A. de, MOREIRA, M. L.. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 31, nº 1, p.060-067, 2009.

SOUSA, R. B.; TARGINO, I. Perfil da produção familiar rural na Paraíba. In: XIX Encontro nacional de geografia agrária. São Paulo. p. 1-29, 2009.

SOUZA, L. C. D de, CARVALHO, M. A. C., BRAGA, L. F., SOUSA, M. P. Qualidade fisiológica de sementes de arroz da região de Matupá-MT. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.3, p.110-116, 2005.

SMICIKLAS, K.D. et al. Drought-induced stress effect on soybean seed calcium and quality. **Crop Sci.**, Madison, v.29, n.5, p.1519-1523, 1989.

STEINMETZ, S.; SILVA, S. C. da; SANTANA, N. M. P. de. Clima. In: SANTOS, A. B dos.; VIEIRA, N. R. de A. **A cultura do Arroz no Brasil – 2. Ed.** Ver. Ampl. Santo Antônio de Goiás: Editora Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 117-160.

STONE, L.F., OLIVEIRA, A.B., STEINMETZ, S. Deficiência hídrica e resposta de genótipos de arroz de sequeiro ao nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.14, p.295-301, 1979a.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TAO, J.K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, v. 3, n. 1, p. 10-18, 1978.

TEDESCO, J. M.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 188 p. (**Boletim técnico**, 5).

TEIXEIRA, I. R. et al. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. **Revista Bragantia**, v. 64, n. 01, p. 83-88, 2005.

VAUGHAN, D.A.; MORISHIMA, H. Biosystematics of the genus *Oryza*. In: SMITH, C.W.; DILDAY, R.H. **Rice. Origin, History, Tecnology ang Production**. Jonh Wiley and Sons Inc., Hoboken, New Jersey. p. 27-65, 2003.

VIDIGAL, D. S., DIAS, D. C. F. S., E. V. R. V., DIAS, L. A. S. P. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annum* L.) **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 31, nº 2, p.129-136, 2009.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: **ABRATES**, 1999. p. 4.1-4.26.

VILLAS BÔAS, R. L.; PASSOS, J. C.; FERNANDES, D. M.; BÜLL, L. T.; CEZAR, V. R.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 28-34, 2004.

WANDER, A. E.; CHAVES, M. O. Consumo aparente per capita de arroz no Brasil, 1991 a 2010. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7, 2011, Balneário Camboriú. **Racionalizando recursos e ampliando oportunidades: anais**. Itajaí: Epagri, 2011.

YOSHIDA, S. Growth and development of the rice plant. In: _____. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños, 1981b. cap. 1, p.1-65.

YUE, B.; XUE, W.; LUO, L.; XING, Y. Identification of quantitative trait loci for four morphologic traits under water stress in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Genetics and Genomics**, 35:569–575, 2008.

ZEPKA, A.P. S; LARRÉ, C.F.; LOPES, N.F. Avaliação do potencial fisiológico de cultivares de trigo tratadas com o herbicida pendimethalin. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, RS, v. 5, n. 2, p. 633-635, 2007.

WOODSTOCK, L. W., FURMAN, K., LEFFLER, H. R. Relationship between weathering deterioration and germinations, respiratory metabolism and mineral leaching from cotton seeds. **Crop Science**, Madison, v.25, p.459-466, 1985.